

METEOROLOGICZNA OSŁONA KRAJU

Vademecum

Niebezpieczne zjawiska meteorologiczne

geneza, skutki, częstość występowania

część druga– jesień, zima

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2013

METEOROLOGICZNA OSŁONA KRAJU

Vademecum

Niebezpieczne zjawiska meteorologiczne

geneza, skutki, częstość występowania

część druga – jesień, zima



Institut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2013

Autorzy:

Katarzyna Bednarek, Elżbieta Cebulak, Agnieszka Drwal-Tylmann, Piotr Kilar,
Tomasz Krywoszejew, Danuta Limanówka, Renata Kurowska-Łazarz, Marta Mizera,
Robert Pyrc, Edyta Socha, Michał Solarz, Piotr Wałach, Wiesław Winnicki,
Barbara Wrześcińska, Teresa Zawisłak

**Przygotowanie materiałów do druku, opracowanie graficzne,
projekt okładki, skład i łamanie:**

Elżbieta Klejnowska

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	4
2. NIEBEZPIECZNE ZJAWISKA METEOROLOGICZNE	5
2.1. Silny wiatr	5
Charakterystyka wiatru. Sytuacje synoptyczne sprzyjające występowaniu silnego wiatru nad Polską. Cyrkulacja atmosferyczna nad Europą. Wiatr lokalny w Polsce. Skutki występowania silnego wiatru w Polsce. Charakterystyka klimatologiczna silnego wiatru	
2.2. Intensywne opady śniegu	18
Charakterystyka śniegu. Sytuacje synoptyczne sprzyjające występowaniu intensywnych opadów śniegu w Polsce. Skutki intensywnych opadów śniegu w Polsce. Charakterystyka klimatologiczna opadów śniegu	
2.3. Zawieje i zamiecie śnieżne	35
Charakterystyka zawiei i zamieci. Sytuacje synoptyczne sprzyjające występowaniu zawiei i zamieci w Polsce. Skutki występowania zawiei i zamieci w Polsce	
2.4. Opady marznące powodujące gołoledź	37
Charakterystyka opadów marznących i gołoledzi. Sytuacje synoptyczne sprzyjające występowaniu opadów marznących w Polsce. Skutki występowania opadów marznących w Polsce. Charakterystyka klimatologiczna opadów marznących	
2.5. Oblodzenie nawierzchni	43
Charakterystyka oblodzenia. Warunki meteorologiczne sprzyjające powstawaniu oblodzenia w Polsce. Skutki oblodzenia	
2.6. Silny mróz	45
Charakterystyka mrozu. Sytuacje synoptyczne powodujące występowanie silnego mrozu w Polsce. Skutki silnego mrozu. Charakterystyka klimatologiczna silnego mrozu	
2.7. Silna mgła	56
Charakterystyka mgły. Warunki powstawania mgły w Polsce. Mgła z ochłodzenia. Mgła z wyparowania. Mgła mieszana. Mgła osadzająca szadź. Cechy charakterystyczne występowania mgły w Polsce. Skutki występowania mgły w Polsce. Charakterystyka klimatologiczna mgły	
LITERATURA	65

1. WSTĘP

Trzecie Vadamecum meteorologiczne opracowano w IMGW-PIB na potrzeby służb uczestniczących w zarządzaniu kryzysowym. Jest to kontynuacja Vadamecum dotyczącego niebezpiecznych zjawisk meteorologicznych ciepłej pory roku. Zawiera ono podstawowe informacje na temat genezy, skutków, uwarunkowań oraz charakterystyki klimatologicznej występowania w Polsce zjawisk meteorologicznych, wymienionych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 sierpnia 2007 r., jako zjawiska zachodzące w atmosferze powodujące stan zagrożenia meteorologicznego. Treść Rozporządzenia jest zawarta w części Vadamecum omawiającej letnią porę roku.

W tej części Vadamecum omówiono następujące zjawiska typowe dla okresu jesieni i zimy:

- 1) silny wiatr, gdy średnia prędkość wiatru przekracza 15 m/s lub porywy 20 m/s
- 2) intensywne opady śniegu powodujące przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 15 cm na dobę
- 3) zawieje i zamiecie śnieżne
- 4) opady marznące powodujące gołoledź
- 5) oblodzenie nawierzchni powodowane nagłymi zmianami temperatury powietrza, gdy temperatura kształtuje się w pobliżu 0°C
- 6) silny mróz, gdy temperatura spada poniżej -20°C
- 7) silna mgła występująca na znacznym obszarze lub mgła intensywnie osadzająca szadź.

W opracowaniu klimatologicznym zjawisk wykorzystano wartości średnie i ekstremalne pozyskane z możliwie najdłuższego okresu pomiarowego. Informacje szczegółowe opracowano z trzydziestolecia (1981-2010) zalecanego przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO). Wszystkie informacje dotyczą chłodnej pory roku, od października do marca.

IMGW-PIB, pełniąc zadania Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, opracowuje i wydaje ostrzeżenia meteorologiczne, które dystrybuowane są do odbiorców wymienionych w Rozporządzeniu. W celu dotarcia do jak największej grupy odbiorców ostrzeżenia publikowane są na stronach www.imgw.pl, www.pogodynka.pl oraz www.meteoalarm.eu.

2. NIEBEZPIECZNE ZJAWISKA METEOROLOGICZNE

2.1. Silny wiatr

CHARAKTERYSTYKA WIATRU

Wiatr – poziomy ruch powietrza względem powierzchni Ziemi, wywołany działaniem siły gradientu ciśnienia (różnicy ciśnienia nad danym obszarem), podlegający sile Coriolisa, sile odśrodkowej (wynikającej z ruchu obrotowego Ziemi) i sile tarcia (w wyniku różnicy gęstości i porowatości podłoża).

Wiatr charakteryzowany jest przez podanie prędkości średniej i prędkości w porywach oraz kierunku, z którego wieje.

W polskiej służbie meteorologicznej prędkość wiatru określana jest w m/s, km/h lub węzłach. W prognozach morskich używana jest także trzynastopniowa skala Francisa Beauforta.

Kierunek wiatru w prognozach meteorologicznych określany jest słownie według ośmiokierunkowej róży wiatrów, przez podanie skąd wiatr wieje (np. „wiatr zachodni” oznacza ruch powietrza z zachodu na wschód).

Pierwsze zauważalne zniszczenia powoduje wiatr o prędkości przekraczającej 17 m/s (60 km/h).

Tabela 2.1. Skala siły i prędkości wiatru

Skala Beauforta	węzły	m/s	km/h
0	<1	0-0,2	<1
1	1-3	0,3-1,5	1-5
2	4-6	1,6-3,3	6-11
3	7-10	3,4-5,4	12-19
4	11-16	5,5-7,9	20-28
5	17-21	8,0-10,7	29-38
6	22-27	10,8-13,8	39-49
7	28-33	13,9-17,1	50-61
8	34-40	17,2-20,7	62-74
9	41-47	20,8-24,4	75-88
10	48-55	24,5-28,4	89-102
11	56-63	28,5-32,6	103-117
12	>64	>32,7	>118



Skutki silnego wiatru, 18.08.2008 r.

fol. Grażyna Bebbot

Tabela 2.2. Kryteria wydawania ostrzeżeń przed silnym wiatrem stosowane w służbie meteorologicznej IMGW-PIB

Stopień zagrożenia			Kryteria	
1	2	3		
X			54 km/h < $V_{\text{sr}} \leq 72$ km/h lub w porywach 72 km/h < $V \leq 90$ km/h	tj. 15 m/s < $V_{\text{sr}} \leq 20$ m/s tj. 20 m/s < $V \leq 25$ m/s
	X		72 km/h < $V_{\text{sr}} \leq 90$ km/h lub w porywach 90 km/h < $V \leq 115$ km/h	tj. 20 m/s < $V_{\text{sr}} \leq 25$ m/s tj. 25 m/s < $V \leq 32$ m/s
		X	$V_{\text{sr}} > 90$ km/h lub w porywach $V > 115$ km/h	tj. $V_{\text{sr}} > 25$ m/s tj. $V > 32$ m/s
V_{sr} – średnia prędkość wiatru (w treści ostrzeżenia w km/h) V – prędkość wiatru w porywach (w treści ostrzeżenia w km/h)				

SYTUACJE SYNOPTYCZNE SPRZYJAJĄCE WYSTĘPOWANIU SILNEGO WIATRU NAD POLSKĄ

W Polsce silny wiatr może występować w ciągu całego roku, ale największa jego frekwencja przypada na okres jesienno-zimowy i wiosenny.

Występowanie silnego wiatru w Polsce jest uwarunkowane cyrkulacją atmosferyczną nad Europą, warunkami lokalnymi oraz rozwojem zjawisk burzowych (porywy wiatru, trąby powietrzne – patrz „Vademecum – wiosna-lato“).

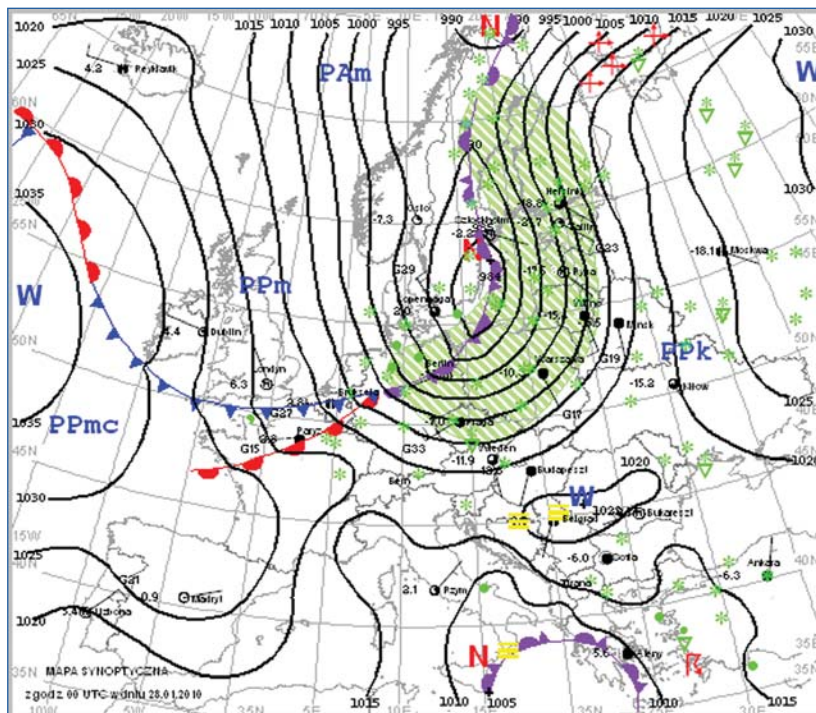
CYRKULACJA ATMOSFERYCZNA NAD EUROPA

Wzrost prędkości wiatru związany jest najczęściej z przemieszczaniem się nad Europą układów niskiego ciśnienia z Atlantyku zgodnie z cyrkulacją strefową:

- ▷ z zachodu na wschód (cyrkulacja zachodnia)
- ▷ z północnego zachodu na południowy wschód (cyrkulacja północno-zachodnia)
- ▷ z południowego zachodu na północny wschód (cyrkulacja południowo-zachodnia).

Z pogłębianiem się niżów związany jest spadek ciśnienia i wzrost gradientu barycznego (zmiana ciśnienia przypadająca na jednostkę odległości). W efekcie następuje znaczny wzrost prędkości wiatru. Im większa różnica ciśnienia, tym wiatr jest silniejszy. Wraz z ośrodkiem niżowym przemieszczają się związane z nim

fronty atmosferyczne. Przejście frontu chłodnego, za którym napływa chłodniejsza masa powietrza, powoduje często wzrost porywistości wiatru nad danym obszarem.



Mapa synoptyczna, 28.01.2010 r., godz. 12.00 UTC. Na Bałtyku wiatr o sile 10-11 w skali B, na lądzie porywy wiatru do 90 km/h

WIATR LOKALNY W POLSCE

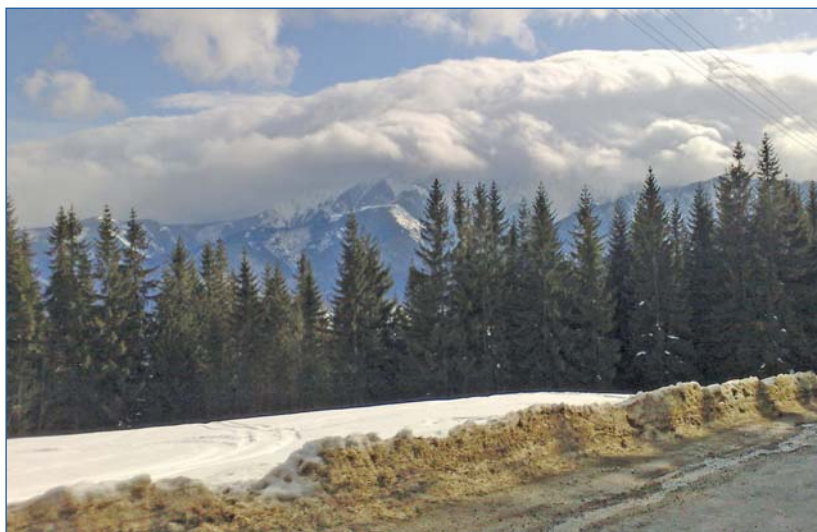
Występowanie wiatru lokalnego jest zależne od wielu czynników, takich jak pora roku, pora dnia, topografia, bliskość dużych zbiorników wodnych (np. morze, duże jeziora) oraz ogólnej cyrkulacji powietrza, charakterystycznej dla danej szerokości geograficznej. Istnieje zależność między położeniem geograficznym, ukształtowaniem terenu a prędkością wiatru.

Na obszarze Polski wyróżnić można kilka rodzajów wiatru lokalnego. Są to: bryza, wiatr typu fenowego, wiatr doliny i wiatr górski.

Największe prędkości wiatru występują we wschodniej części wybrzeża Bałtyku oraz w rejonie szczytowych partii gór. W obszarach górskich i podgórskich wzrost prędkości wiatru jest spowodowany występowaniem zjawisk fenowych. W środkowej Polsce silny wiatr występuje znacznie rzadziej.

Fen – ciepły, suchy, bardzo silny i porywisty wiatr wiejący okresami z gór w kierunku dolin. Towarzyszy mu znaczny wzrost temperatury powietrza i spadek wilgotności względnej. Nazwa pochodzi od wiatru występującego w Alpach. W Polsce wiatr typu fenowego występuje w Sudetach i w Karpatach. Na Podhalu i w Tatrach nazywany jest „wiatrem halnym”.

Wiatr fenowy może trwać od kilku godzin do kilku dni. Spowodowany jest układem pola barycznego, w którym ruch mas powietrza jest prostopadły do pasma górskiego, tworzącego barierę orograficzną. Do takiej sytuacji w Polsce dochodzi, gdy nad Ukrainą zalega wyż baryczny, a nad zachodnią Europą pogodę kształtuje układ niżowy. Strumień przepływającego powietrza jest skierowany prostopadle do gór. Powietrze napotyka barierę górską wznosi się i stopniowo ochładza. Nad wierzchołkami gór powstają chmury, często opadowe. Po stronie zawietrznej powietrze opadając ogrzewa się adiabaticznie. W powietrzu po stronie dowietrznej pozostaje większość wilgoci, która jest zgromadzona w chmurach lub wytrącona w postaci opadów.



Wał chmur nad Tatrami, 4.03.2009, fot. Tomasz Skowroński

Im wyższe pasmo górskie, tym skuteczniej wymusza ono wznoszenie się powietrza i skraplanie zawartej w nim pary wodnej w wyższych warstwach troposfery. Cechami charakterystycznymi pogody fenowej są:

- ▷ znaczna prędkość wiatru (do 50 m/s, sporadycznie do 80 m/s) oraz porywistość
- ▷ spływ ciepłego, suchego powietrza po stronie zawietrznej
- ▷ szybkie zmiany ciśnienia, szybki wzrost temperatury i spadek wilgotności (nawet poniżej 10%)
- ▷ występowanie charakterystycznych chmur tworzących tzw. wał fenowy: Strato-cumululus, Altopumululus, Cumulus (w Tatrach tzw. mur halny).

W Tatrach pierwsze oznaki wiatru halnego obserwuje się w strefie szczytowej, gdzie wiatr wieje nawet kilka dni zanim zdoła wyprzeć chłodne powietrze zalegające w całym tzw. Rowie Podtatrzańskim. Przyjmuje się, że w szczytowych partiach Tatr prędkość wiatru halnego co najmniej raz w roku osiąga 50 m/s (ok. 180 km/h), a co 5 lat prędkość od 60 m/s do 70 m/s (od ok. 215 km/h do ok. 250 km/h).

Kolejnym przykładem zależności między ukształtowaniem terenu a cyrkulacją atmosferyczną jest sytuacja, w której kierunek wiatru jest równoległy do osi kotliny otwartej lub przełęczy górskich. Obserwowane są wtedy lokalne wzrosty prędkości wiatru. Na przykład w Kotlinie Kłodzkiej jest to wiatr z kierunku ok. 170°.

SKUTKI WYSTĘPOWANIA SILNEGO WIATRU W POLSCE

Występowanie silnego wiatru niesie za sobą znaczne straty w wielu dziedzinach gospodarki. Przede wszystkim są to straty w drzewostanie, budownictwie, łączności, rolnictwie i energetyce oraz utrudnienia komunikacyjne wynikające z ograniczenia przejezdności dróg.

Bardzo często silny wiatr powoduje zagrożenie dla życia ludzkiego.



Zniszczenia po przejściu bardzo silnego wiatru w powiecie częstochowskim, 29.07.2007 r., fot. Archiwum IMGW-PIB

Specyficzne zagrożenie dla życia i gospodarki stwarza wiatr typu fenowego. Niszczące skutki jego działania to głównie wiatrołomy oraz lawiny śnieżne i lawiny kamieniste, występujące w Karpatach i Sudetach. Największe zniszczenia lasu obserwuje się przeważnie w strefie 200-500 m poniżej grani, nad którą wiatr osiąga największą prędkość. Negatywnie oddziałuje on również na organizm ludzki powodując wiele dolegliwości zdrowotnych, które nazwano chorobą fenową. Objawy tej choroby to uczucie duszności, stany osłabienia, stany depresyjne, obniżenie koncentracji, senność lub zaburzenia snu, bóle reumatyczne i najważniejsze – zaburzenia układu krążenia i pracy serca.

Tabela 2.3. Klasyfikacja maksymalnych prędkości wiatru w Polsce i ich skutki działania (wg H. Lorenc)

Nr klasy	V (km/h) na wys.10m	Charakterystyka wiatru	Skutki działania wiatru
I	62-74	wiatr gwałtowny	łamię gałęzie drzew, chodzenie pod wiatr utrudnione
II	75-88	wichura	powoduje uszkodzenia budynków, zrywa dachówki, łamię całe drzewa
III	89-102	silna wichura	wyrywa drzewa z korzeniami, powoduje duże uszkodzenia budynków (zrywanie dachów, łamanie wież i słupów energetycznych)
IV	103-117	gwałtowna wichura	powoduje rozległe zniszczenia, zagrożenie życia
V	≥118	wiatr huraganowy lub trąba powietrzna	powoduje zniszczenia i spustoszenia, możliwe wypadki śmiertelne
V-1	126-180	silny	
V-2	181-253	niszczycielski	
V-3	≥ 254	dewastujący	

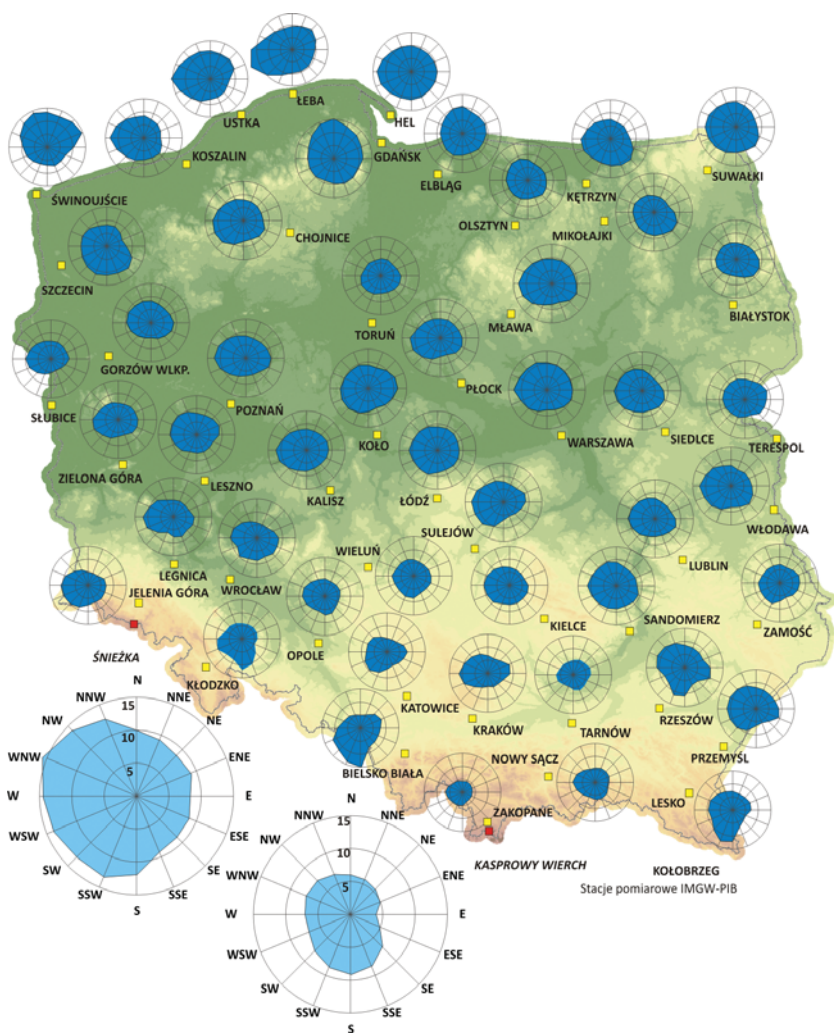
Silny wiatr w strefie brzegowej Bałtyku, wiejący z sektora północnego, może być przyczyną powstawania powodzi sztormowych tzw. „cofki”. Sztormowy wiatr wiejący ku brzegowi utrudnia odpływ rzek uchodzących do morza, powodując spiętrzenie wody w odcinkach ujściowych. Wezbrania sztormowe powstają najczęściej w okresie jesienno-zimowym.

CHARAKTERYSTYKA KLIMATOLOGICZNA SILNEGO WIATRU

W skali roku nad Polską przeważa wiatr z sektora zachodniego. Mniejszy jest udział wiatru z kierunków wschodnich. W strefie nadbrzeżnej przeważa wiatr z kierunku zachodniego i południowego. W górach wiatr dostosowuje się do warunków lokalnych, nawiązując do przebiegu dolin. Na przedpolu Karpat dominuje wiatr z kierunków zachodniego i południowo-zachodniego, w partiach szczytowych Karpat przeważa wiatr południowy. W Sudetach dominuje wiatr południowo-zachodni. Wiatr silny występuje najczęściej w strefie przybrzeżnej.



Średnia roczna częstotliwość kierunków wiatru (%) w Polsce w latach 1966-2007



Średnia prędkość wiatru (m/s) z poszczególnych kierunków w Polsce w latach 1966–2007

Tabela. 2.4. Maksymalna średnia prędkość wiatru (m/s) w okresie 1981-2010 na stacjach I i II rzędu

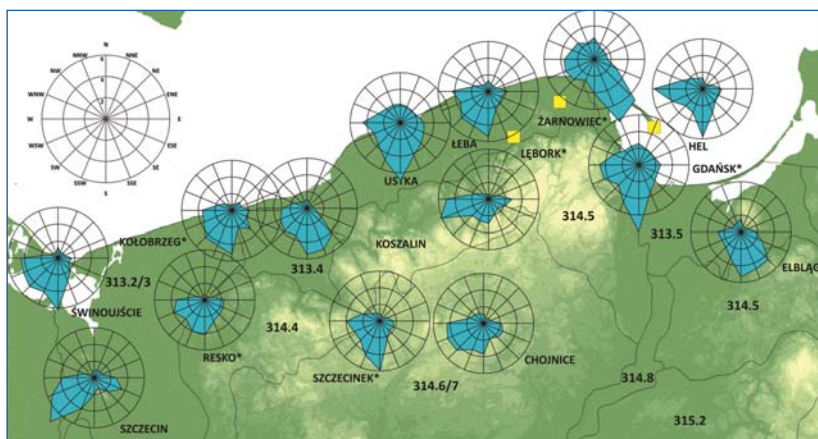
Województwo	Stacja		Miesiąc						Rok
			I	II	III	X	XI	XII	
Dolnośląskie	Wrocław	max	5,7	4,5	4,5	4,2	4,8	5,2	3,5
		rok	2007	1990	1994	1998	1981	1988	2007
	Śnieżka	max	25,1	22,0	19,5	16,6	20,4	19,5	15,3
		rok	2007	1999	1994	2006	2006	1998	2008
	Kłodzko	max	5,5	5,0	4,4	3,8	4,7	4,8	3,4
		rok	2007	1990	2008	1987	2008	1993	2008
Kujawsko-pomorskie	Bydgoszcz	max	4,5	4,9	4,7	4,3	5,6	4,1	4,0
		rok	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981
	Toruń	max	4,9	3,9	3,7	4,1	3,8	4,0	3,1
		rok	1983	1997	1990	1998	1981	1999	1983
Lubelskie	Terespol	max	4,6	3,8	3,9	3,4	3,9	4,4	3,2
		rok	2007	2007	1990	1998	1981	1988	1993
	Lublin-Radawiec	max	5,9	4,7	5,3	3,9	4,9	5,4	3,6
		rok	1983	1999	1990	1989	1981	1988	1981
	Włodawa	max	6,8	5,7	5,9	4,8	5,5	5,9	4,4
		rok	1983	1997	1990	1983	1981	1988	1983
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	max	5,5	4,4	4,7	4,1	4,8	5,7	3,8
		rok	1983	1997	1990	1988	1981	1988	1988
	Stubice	max	6,2	4,1	4,1	3,4	4,7	4,2	3,1
		rok	1983	1997	1983	1998	1981	1988	1983
	Zielona Góra	max	5,4	4,4	4,6	4,0	4,7	4,9	3,5
		rok	1983	1990	1990	1998	1981	1988	1983
Łódzkie	Wieluń	max	6,6	5,8	5,4	4,6	5,3	6,1	4,2
		rok	1983	1990	1990	1984	1981	1988	1986
	Łódź	max	6,8	5,1	5,1	4,6	5,5	5,8	4,3
		rok	1983	1981	1990	1983	1981	1988	1983
	Sulejów	max	8,1	5,5	6,0	4,8	5,7	6,4	4,2
		rok	1983	1999	1990	1983	1981	1988	1983
Małopolskie	Kraków	max	4,9	4,8	4,6	3,9	4,0	4,7	3,2
		rok	2007	1999	1990	1998	1981	1988	1997
	Tarnów	max	3,5	2,9	3,1	2,7	2,9	3,1	2,5
		rok	1983	1984	1995	1998	1981	1988	1995
	Zakopane	max	2,7	2,2	2,4	1,7	2,0	2,2	1,7
		rok	2007	2004	1994	1981	2008	1993	2008
	Kasprowy Wierch	max	11,7	10,7	10,3	10,2	9,8	11,1	8,0
		rok	1983	1988	1983	1981	2000	1983	1983

Tabela 2.4. cd. Maksymalna średnia prędkość wiatru (m/s) w okresie 1981-2010 na stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja		Miesiąc						Rok
			I	II	III	X	XI	XII	
Mazowieckie	Mława	max	6,5	5,3	6,0	4,9	5,5	6,2	4,3
		rok	1983	1998	1990	1998	1981	1988	1983
	Płock	max	6,8	5,6	5,6	4,5	5,3	6,0	4,1
		rok	1983	1981	1990	1983	1981	1988	1981
	Warszawa-Okęcie	max	6,5	5,6	6,5	4,8	5,4	6,8	4,6
		rok	1983	1989	1990	1998	1981	1988	1990
Siedlce	max	6,4	4,8	5,3	4,3	5,9	5,9	3,8	
	rok	1983	1984	1990	1987	1981	1988	1987	
Opolskie	Opole	max	5,5	3,9	4,1	3,3	4,7	4,1	3,4
		rok	1983	1983	1994	1983	1981	1981	1983
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	max	6,3	5,8	5,4	5,3	5,0	5,5	4,1
		rok	2007	2002	2002	2002	2001	2001	2002
	Krosno	max	6,0	5,5	5,5	5,1	5	5,7	4,4
		rok	1993	1997	1992	1990	1992	1989	1990
	Lesko	max	5,3	4,6	4,5	4,5	5,5	5,3	3,8
		rok	1983	1990	1990	1981	1981	1989	1981
Podlaskie	Suwałki	max	7,4	5,8	5,6	5,5	5,9	5,6	4,7
		rok	1983	1981	1990	1983	1983	1983	1983
	Białystok	max	4,2	4,2	3,4	3,4	4,1	3,7	2,9
		rok	1983	1981	1990	1998	1993	1993	1981
Pomorskie	Łeba	max	9,2	9,5	9,4	7,6	7,7	8,7	6,2
		rok	1989	1989	1990	1983	1981	1988	1989
	Lębork	max	6,8	5,4	5,4	5,1	4,5	5,1	3,9
		rok	1983	1998	1990	1998	2008	1988	1998
	Hel	max	7,1	5,6	5,9	5,8	6,2	6,4	4,8
		rok	1983	2002	1990	1998	1985	1988	1986
	Chojnice	max	6,9	5,8	5	5,4	5,3	5,9	4,2
		rok	1983	1995	1990	1998	1981	1988	1986
Śląskie	Racibórz-Studzienka	max	5,8	4,9	4,8	3,9	4,1	4,4	3,6
		rok	2007	2002	1994	1998	2004	1988	2007
	Katowice	max	5,5	4,3	4,3	3,8	4,5	4,7	3,4
		rok	1983	1989	1994	1983	1981	1988	1983
	Bielsko-Biała	max	6,8	6	5,6	5,5	5,4	6,5	4,1
		rok	1993	1997	1994	1998	1996	1993	1992

Tabela. 2.4. cd. Maksymalna średnia prędkość wiatru (m/s) w okresie 1981-2010 na stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja		Miesiąc						Rok
			I	II	III	X	XI	XII	
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	max	5,3	4,6	4,7	3,6	4,2	5,0	3,2
		rok	1983	1999	1990	1998	1981	1988	2007
	Sandomierz	max	6,3	5,0	5,8	4,5	5,1	5,5	4,5
		rok	1983	1997	1990	1983	1981	1987	1987
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	max	4,7	4,5	5,1	4,1	4,1	4,6	3,7
		rok	1988	1990	1990	1988	1985	1988	1990
	Kętrzyn	max	6,5	5,2	5,4	5,2	5,3	5,3	4,2
		rok	1983	1997	1990	1984	1981	1999	1984
	Olsztyn	max	4,7	4,2	4,4	3,5	4,0	4,0	3,3
		rok	2007	1997	1990	1998	2008	1988	2007
Wielkopolskie	Piła	max	5,0	4,7	4,6	3,5	4,4	5,6	3,7
		rok	1983	1989	1990	1988	1981	1988	1986
	Poznań	max	6,5	4,9	5,0	4,4	5,4	5,6	3,9
		rok	1983	1981	1990	2002	1981	1988	1983
	Koło	max	7,0	5,8	6,1	5,2	5,7	6,9	4,8
		rok	2007	1990	1990	1987	2008	1988	1988
	Kalisz	max	6,9	5,0	5,8	4,7	5,4	6,0	4,5
		rok	2007	1999	1990	1998	1981	1988	1986
Zachodnio-pomorskie	Kołobrzeg	max	5,3	4,7	4,4	3,8	5,1	4,5	3,2
		rok	1983	1998	1990	1983	1981	1988	1983
	Koszalin	max	6,7	5,6	6,0	4,8	5,7	6,2	4,2
		rok	1983	1990	1990	1983	1981	1988	1990
	Szczecin-Dąbie	max	6,7	5,4	5,2	4,8	5,0	5,4	4,1
		rok	2007	1990	2008	1998	1981	1999	2007
	Resko	max	4,1	3,7	3,6	3,5	3,2	3,3	2,7
		rok	2007	1995	1994	1998	1981	1988	1994



Średnia częstość występowania kierunków wiatru (%) w północnej Polsce w październiku w latach 1966-2007

Poniżej w tabeli przedstawiono wartości charakterystyk meteorologicznych w czasie występowania ekstremalnych przypadków trwającego stosunkowo długo wiatru halnego (w latach 1981-2010) w październiku 2000 r. i listopadzie 2002 r. (Cebulak E., Limanówka D., 2005). Dla porównania podano maksymalne oszacowane wartości największych porywów w czasie katastrofального wiatru halnego o huraganowej prędkości w maju 1968 r.

Tabela 2.5. Ekstremalne wartości charakterystyk wiatrowych zanotowane na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem w czasie trwania wiatru halnego od 11 do 15 października 2000 r.

Charakterystyka wiatru	Kasprowy Wierch	Zakopane
Największa średnia prędkość wiatru	24 m/s (86 km/godz.) 11.10.2000 r., godz. 21.00 UTC	9 m/s (155 km/godz.) 12.10.2000 r., godz. 4.00, 7.00-8.00 UTC
Maksymalne porywy wiatru	43 m/s (155 km/godz.) 11.10.2000 r. godz. 21.00 UTC	26 m/s (94 km/godz.) 12.10.2000 r. godz. 4.00 UTC
Największa zanotowana prędkość wiatru w okresie obserwacji (halny w maju 1968 r.)	50 m/s (180 km/godz.)	25 m/s (180 km/godz.)
Największy zanotowany poryw wiatru w okresie obserwacji (halny w maju 1968 r.)	75 m/s (270 km/godz.)	40 m/s (144 km/godz.)

Tabela 2.6. Ekstremalne wartości charakterystyk wiatrowych zanotowane na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem w czasie trwania wiatru halnego od 14 do 17 listopada 2002 r.

Charakterystyka wiatru	Kasprowy Wierch	Zakopane
Największa średnia prędkość wiatru	25 m/s (90 km/godz.) 16.11.2002 r. godz. 22.00 UTC	12 m/s (43 km/godz.) 15.11.2002, godz. 9.00, 16.11.2002 r. godz. 21.00-22.00 UTC
Maksymalne porywy wiatru	44 m/s (158 km/godz.) 16.11.2002 r. godz. 23.00 UTC	30 m/s (108 km/godz.) 15.11.2002 r. godz. 9.00 UTC
Największa zanotowana prędkość wiatru w okresie obserwacji (halny w maju 1968 r.)	50 m/s (180 km/godz.)	25 m/s (180 km/godz.)
Największy zanotowany poryw wiatru w okresie obserwacji (halny w maju 1968 r.)	75 m/s (270 km/godz.)	40 m/s (144 km/godz.)

Poniżej podano dwa przypadki silnego wiatru w Polsce, które spowodowały katastrofalne skutki i śmiertelne ofiary.

1. **Wichura, która przeszła nad Polską 28 marca 1997 r.**, miała lokalnie cha-

rakter huraganu. Wichura wystąpiła w wyniku przemieszczania się przez Polskę chłodnego frontu atmosferycznego wraz z wyjątkowo aktywnym niżem. Wiatr silny i porywisty przekraczający 30 m/s zanotowano na Pomorzu Zachodnim, w Wielkopolsce, na Górnym i Dolnym Śląsku, w centrum kraju oraz w Tatrach i Sudetach. Na Śnieżce dochodził w porywach do 43 m/s. Wyjątkowo intensywny przebieg zjawiska nad Polską spowodował katastrofalne zniszczenia i śmierć 11 osób.



Zdjęcie satelitarne, 28.03.1997 r., godz. 01.00 UTC

2. **Ekstremalnie silny wiatr 18 stycznia 2007 r.** wystąpił, kiedy przez Polskę z zachodu przemieszczał się chłodny front atmosferyczny z burzami i lokalnie z gradem. Wiatr w porywach przekraczał 30 m/s. Na Kasprowym Wierchu osiągnął 44 m/s. Na Śnieżce 18 stycznia o godz. 21.00 UTC zanotowano poryw wiatru o prędkości 60 m/s. Oprócz skutków materialnych, które były katastrofalne, życie straciło 6 osób.

2.2. Intensywne opady śniegu

CHARAKTERYSTYKA ŚNIEGU

Śnieg – opad atmosferyczny w postaci stałej, składający się z drobnych kryształków lodu, często połączonych ze sobą w różne formy. Ze względu na kształt i strukturę wyróżnia się bardzo wiele postaci kryształków śnieżnych m.in. blaszka, gwiazdka, słupek, igła.



Pokrywa śnieżna, fot. Agnieszka Drwal-Tylmann

Opad śniegu tworzy pokrywę śnieżną, która może występować w płatach lub w ciągłej warstwie.

Pokrywa śnieżna określana jest następującymi wskaźnikami: grubość pokrywy śnieżnej (cm), przyrost pokrywy śnieżnej – śnieg świeżo spadły (cm), równoważnik wodny śniegu (mm/cm), gęstość śniegu (g/cm^3) oraz zapas wody w śniegu (mm).

Opady śniegu charakteryzuje się przez określenie natężenia opadów, podanie przyrostu pokrywy śnieżnej (cm), opis zmienności natężenia opadów w czasie oraz rozkład przestrzenny opadów.

Tabela 2.7. Kryteria wydawania ostrzeżeń przed intensywnymi opadami śniegu stosowane w służbie meteorologicznej IMGW-PIB

Stopień zagrożenia			Kryteria
1	2	3	
X			przyrost pokrywy śnieżnej od 10 cm do 15 cm w czasie do 12 godzin $10 \text{ cm} \leq E < 15 \text{ cm}$ lub przyrost pokrywy śnieżnej od 15 cm do 20 cm w czasie do 24 godzin $15 \text{ cm} \leq E < 20 \text{ cm}$
	X		przyrost pokrywy śnieżnej od 20 cm do 30 cm w czasie do 24 godzin na obszarach położonych poniżej 600 m n.p.m. $20 \text{ cm} < E \leq 30 \text{ cm}$ lub przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 50 cm w czasie do 24 godz. na obszarach położonych powyżej 600 m n.p.m. $20 \text{ cm} < E \leq 50 \text{ cm}$
		X	przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 30 cm w czasie do 24 godzin na obszarach położonych poniżej 600 m n.p.m. $E > 30 \text{ cm}$ lub przyrost pokrywy śnieżnej powyżej 50 cm w czasie do 24 godzin na obszarach położonych powyżej 600 m n.p.m. $E > 50 \text{ cm}$
<i>E – przyrost grubości pokrywy śnieżnej</i>			

Czynnikami sprzyjającymi wystąpieniu silnych opadów śniegu są:

- ▷ duża wilgotność (wysoka zawartość pary wodnej) masy powietrza napływającej lub zalegającej nad danym obszarem
- ▷ różnica temperatury między masą powietrza zalegającą i napływającą (znaczące ochłodzenie lub ocieplenie)
- ▷ warunki lokalne takie jak: ukształtowanie terenu, bariery górskie, wysokość nad poziom morza, bliskość morza.

SYTUACJE SYNOPTYCZNE SPRZYJAJĄCE WYSTĘPOWANIU INTENSYWNYCH OPADÓW ŚNIEGU W POLSCE

W Polsce intensywne opady śniegu związane są przede wszystkim z:

a) przemieszczaniem się nad Polską układów niżowych i związanych z nimi frontów atmosferycznych:

- ▷ frontu ciepłego: na zalegającą przy powierzchni ziemi chłodną masę powietrza napływa w wyższych warstwach troposfery powietrze cieplejsze
- ▷ frontu chłodnego: zalegająca cieplejsza masa powietrza jest gwałtownie wypierana przez napływające powietrze chłodne
- ▷ frontu okluzji powstającego z połączenia frontu chłodnego i ciepłego, kiedy najcieplejsze powietrze, które napływało za frontem ciepłym, zostaje wypchnięte w wyższe warstwy troposfery i traci kontakt ze strefą przypowierzchniową

Wraz z przemieszczaniem się układów niżowych, przemieszczają się fronty atmosferyczne, z którymi związany jest rozwój chmur i opady. Przed frontem ciepłym występuje bardzo szeroka strefa opadów jednostajnych śniegu, sięgająca niejednokrotnie kilkaset kilometrów. W tej strefie obserwowany jest znaczny, ale rozłożony w czasie, przyrost pokrywy śnieżnej. W zimie wraz z przejściem frontu ciepłego opady śniegu przechodzą w opady deszczu ze śniegiem lub marznącego deszczu i deszczu. Zanim śnieg się stopi, na drogach zalega błoto pośniegowe.

W strefie frontu chłodnego obserwuje się przeważnie opady przelotne śniegu, które często są intensywne i powodują szybki przyrost pokrywy śnieżnej.

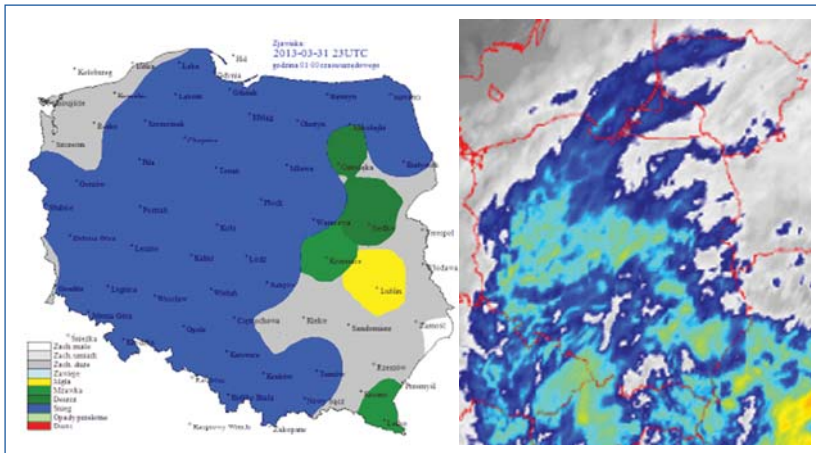
W okresie zimowym, w sytuacjach wolno przemieszczających się niżów (od kilkunastu godzin do kilku dni), w strefie frontu chłodnego mogą występować również opady jednostajne, które trwają długo i powodują rozłożony w czasie, równomierny przyrost pokrywy. Tego typu zjawisko jest charakterystyczne dla układów niżowych przemieszczających się nad Polską z zachodu kontynentu.

Układy baryczne, w których obserwowane są najbardziej intensywne opady, to niże z ośrodkiem położonym na wschód lub południowy wschód od granic Polski. Niże takie zawierają znaczne zasoby wilgoci, zgromadzonej nad cieplejszymi morzami. Intensywność zjawisk jest potęgowana zazwyczaj dużym kontrastem termicznym między przednią częścią niżu, gdzie z południa napływa ciepłe i wilgotne powietrze polarno-morskie, a częścią tylną, gdzie napływa chłodne powietrze polarno-morskie lub pochodzenia arktycznego. Niże te stają się układami stacjonarnymi (czyli zalegającymi nad tym samym obszarem przez dłuższy czas) lub bardzo wolno przemieszczającymi się. Oznacza to, że takie warunki pogodowe utrzymują się długo nad obszarem Polski.

b) warunkami lokalnymi: orograficznymi oraz sąsiedztwem Bałtyku

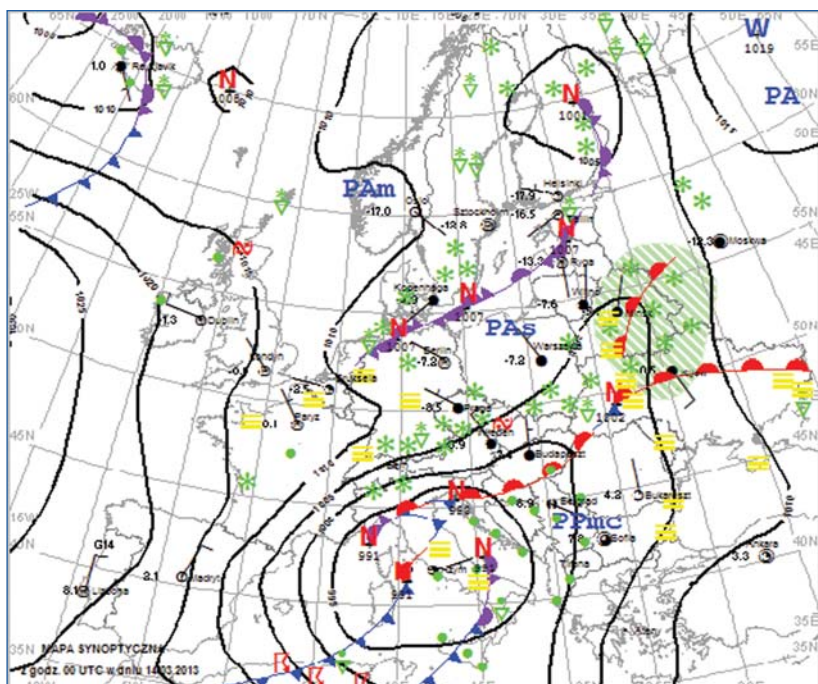
Pasma górskie Karpat i Sudetów stanowią barierę orograficzną na drodze frontów atmosferycznych, przy napływie mas powietrza z północy. Dochodzi do zablokowania przez góry przemieszczających się na południe mas powietrza i ich wypchnięciu w wyższe warstwy troposfery. Proces ten powoduje zwiększenie ilości opadów w regionach górskich i podgórskich.

Sąsiedztwo Bałtyku powoduje, że masy powietrza napływające do Polski z północy i północnego zachodu nabierają nad morzem dodatkowych zapasów wilgoci. Na Wybrzeżu skutkuje to znacznym wzrostem intensywności opadów śniegu.



31.03.2013, intensywne opady śniegu (kolor niebieski na mapce zjawisk po lewej stronie), oraz zdjęcie satelitarne (po prawej stronie). W ciągu doby grubość świeżo spadłego śniegu osiągnęła 25 cm

Dodatkowym czynnikiem zagrożenia związanego z opadami śniegu jest ich występowanie w okresie poprzedzającym lub po zakończeniu okresu, w którym jest to zjawisko typowe, czyli wczesną jesienią i wiosną. W okresach tych występuje śnieg o dużej zawartości wody, powodujący duży przyrost pokrywy śnieżnej znacznie obciążającej powierzchnię. Ze względu na brak stanu gotowości zimowej, trudniejsze jest minimalizowanie i usuwanie skutków zjawiska.



Intensywne opady śniegu. Sytuacja meteorologiczna w Polsce od godz. 08.00 dnia 14.03.2013 do godz. 08.00 dnia 15.03.2013. Krańce północno-zachodnie i zachodnie Polski pozostawały pod wpływem klina wyżowego, pozostały obszar kraju w zasięgu rozległego pogłębiającego się niżu, którego ośrodek w nocy przemieścił się znad Włoch nad Rumunię i Ukrainę, następnie w dzień nad zachodnią Białoruś. Nad południowo-wschodnią Polską utrzymywał się quasi-stacjonarny front ciepły.

Najsilniejsze opady wystąpiły na styku ciepłej i wilgotnej masy powietrza, napływającej z południowego wschodu, z powietrzem chłodnym, napływającym z północy i północnego wschodu. W ciągu doby na obszarze województw: śląskiego, małopolskiego, podkarpackiego i lubelskiego, w wielu miejscach spadło powyżej 15 cm śniegu, lokalnie nawet do 40 cm.

SKUTKI INTENSYWNYCH OPADÓW ŚNIEGU W POLSCE

Intensywne opady śniegu stwarzają zagrożenie dla wielu dziedzin gospodarki. Największe zagrożenie powstaje przy długotrwałych, intensywnych opadach powodujących znaczny przyrost pokrywy śnieżnej. Najczęstszym skutkiem są utrudnienia komunikacyjne, nieprzejezdność dróg, brak dojazdu do obszarów zamieszkałych. Opady śniegu mogą zdecydowanie ograniczać widzialność, co m.in. skutkuje utrudnieniami w transporcie lotniczym i drogowym. W konsekwencji powodują zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi.

Śnieg, zwłaszcza mokry, przy znacznej pokrywie, obciąża dachy powodując niekiedy katastrofy budowlane. Dodatkowo powoduje poważne szkody w drzewostanie, uszkodzenia napowietrznych linii energetycznych.

W rejonach górskich zaleganie grubej pokrywy śnieżnej stwarza ryzyko zejścia lawin śnieżnych.

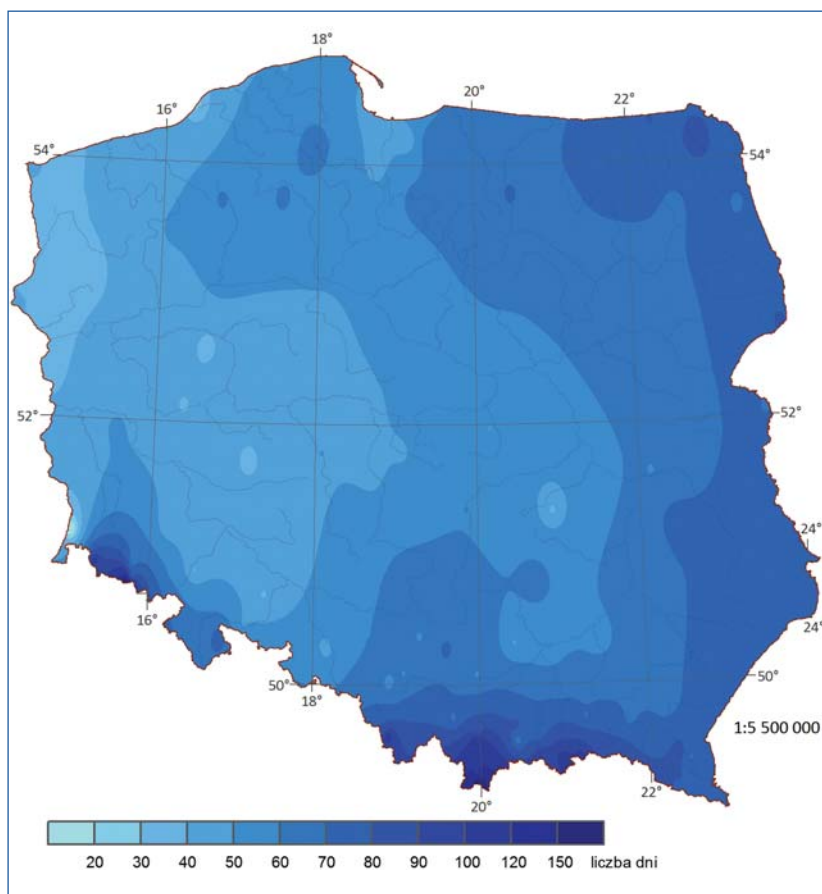
Na Niżu Polskim, podczas nagłego ocieplenia w warunkach zalegania grubej pokrywy śnieżnej wzrasta ryzyko powodzi roztopowych.



Pokrywa śnieżna, fot. Tomasz Nodzyński

CHARAKTERYSTYKA KLIMATOLOGICZNA OPADÓW ŚNIEGU

Średnia roczna liczba dni z pokrywą śnieżną w Polsce zmienia się od ok. 30 dni w zachodniej części kraju do ponad 100 dni w obszarach górskich. Ponad 200 dni z pokrywą śnieżną notuje się w szczytowych partiach Tatr. Na Śnieżce w Sudetach liczba dni jest nieco mniejsza, średnio 181 dni w roku. Długość zalegania pokrywy śnieżnej zwiększa się w kierunku wschodnim, osiągając 70-80 dni w północno-wschodniej części kraju.



Średnia roczna liczba dni z pokrywą śnieżną w latach 1966-2010 na wybranych stacjach I, II i III rzędu

Pokrywa śnieżna pojawia się najwcześniej w górach i we wschodniej części Polski, najpóźniej na zachodzie kraju. W górach może tworzyć się już w październiku, a w szczytowych partiach może występować nawet w miesiącach letnich. Na zachodzie kraju śnieg zanika już w marcu, w głębi kraju utrzymuje się przeważnie do kwietnia. W ekstremalnych przypadkach i wysoko w górach pokrywa śnieżna występuje jeszcze w maju.

Tabela 2.8. Średnia liczba dni z pokrywą śnieżną w okresie 1966-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc					
		I	II	III	X	XI	XII
Dolnośląskie	Legnica	13,7	10,0	4,8	0,5	0,0	0,1
	Wrocław	15,0	10,6	4,6	0,5	0,0	0,0
	Jelenia Góra	18,2	14,6	9,2	2,1	0,0	0,4
	Śnieżka	30,6	28,2	30,8	29,3	12,9	8,5
	Kłodzko	18,1	15,1	8,3	1,4	0,0	0,1
Kujawsko-pomorskie	Toruń	17,9	14,4	6,8	0,6	0,0	0,0
Lubelskie	Terespol	19,9	18,1	9,8	0,5	0,0	0,2
	Lublin-Radawiec	21,7	19,3	10,6	1,2	0,0	0,4
	Włodawa	20,5	18,4	11,1	1,0	0,0	0,3
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	15,2	10,8	4,8	0,3	0,0	0,1
	Ślubice	12,4	8,9	4,0	0,3	0,0	0,0
	Zielona Góra	16,8	13,3	7,2	0,9	0,0	0,1
Łódzkie	Wieluń	18,3	14,5	6,8	0,8	0,0	0,2
	Łódź- Lublinek	18,6	15,1	7,9	1,0	0,0	0,2
	Sulejów	18,5	15,1	7,8	0,9	0,0	0,2
Małopolskie	Kraków-Balice	19,9	15,8	6,4	0,6	0,0	0,1
	Tarnów	19,8	15,2	7,1	0,8	0,0	0,2
	Zakopane	27,9	26,0	22,4	7,4	0,6	3,2
	Kasprowy Wierch	31,0	28,2	30,9	29,8	19,6	13,0
	Nowy Sącz	20,8	17,4	8,0	1,2	0,0	0,3

Tabela. 2.8. cd. Średnia liczba dni z pokrywą śnieżną w okresie 1966-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc					
		I	II	III	X	XI	XII
Mazowieckie	Mława	20,9	17,4	9,6	0,8	0,0	0,0
	Ostrołęka	20,7	18,0	10,1	0,7	0,0	0,2
	Płock	18,0	14,4	7,2	0,4	0,0	0,0
	Warszawa-Okęcie	17,4	14,6	7,2	0,6	0,0	0,0
	Siedlce	19,9	16,9	9,5	0,8	0,0	0,3
Opolskie	Opole	16,5	12,8	6,0	0,7	0,0	0,1
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	20,9	17,0	7,1	0,7	0,0	0,2
	Lesko	23,6	19,8	11,7	2,1	0,0	1,0
Podlaskie	Suwałki	23,2	22,3	15,8	1,7	0,0	0,5
	Białystok	21,9	20,8	13	1,2	0,0	0,4
Pomorskie	Ustka	15,2	14,2	0,7	0,7	0,0	0,1
	Łeba	15,2	13,8	6,8	0,8	0,0	0,1
	Łębork	16,4	14,5	7,8	1,0	0,0	0,2
	Hel	15,1	15,5	8,8	0,5	0,0	0,0
	Chojnice	19,2	17,0	9,4	0,8	0,0	0,1
Śląskie	Racibórz-Studienna	17,6	13,3	5,8	0,8	0,0	0,2
	Katowice	19,7	15,6	7,3	1,1	0,0	0,2
	Bielsko-Biała	19,5	17,0	10,0	2,6	0,0	0,5
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	20,8	17,5	8,8	0,8	0,0	0,2
	Sandomierz	20,5	17,5	7,9	0,8	0,0	0,3
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	20,9	17,4	9,6	0,9	0,0	0,3
	Kętrzyn	20,9	19,0	11,7	1,5	0,0	0,4
	Olsztyn	21,5	19,1	11,1	1,4	0,0	0,4

Tabela. 2.8. cd. Średnia liczba dni z pokrywą śnieżną w okresie 1966-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc					
		I	II	III	X	XI	XII
Wielkopolskie	Poznań	15,7	12,1	5,3	0,5	0,0	0,1
	Koło	16,0	12,5	5,6	0,4	0,0	0,0
	Leszno-Strzyżewice	16,0	12,0	5,4	0,5	0,0	0,1
	Kalisz	16,4	12,7	6,2	0,7	0,1	0,1
Zachodnio-pomorskie	Kołobrzeg	13,7	11,6	5,1	0,5	0,0	0,1
	Koszalin	15	12,8	6,2	0,7	0,1	0,2
	Świnoujście	14,1	11,7	5,9	0,5	0,0	0,0
	Szczecin-Dąbie	11,7	9,5	3,9	0,4	0,0	0,0
	Resko	15,6	13,2	6,2	0,9	0,0	0,1



Góry w śnieżnej szacie, fot. Tomasz Nodzyński

Tabela. 2.9. Daty pojawiania się i zanikania pokrywy śnieżnej w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Termin wystąpienia pokrywy śnieżnej	
		najpóźniejszy ostatniej	najwcześniejszy pierwszej
Dolnośląskie	Legnica	1981-04-23	2002-10-13
	Wrocław	1984-04-28	1997-10-27
	Jelenia Góra	1985-04-30	2002-10-13
	Śnieżka	1987-06-19	1993-09-05, 2007-09-05
	Kłodzko	1984-04-28	2002-10-13
Kujawsko-pomorskie	Toruń	1991-04-22	1988-11-01
Lubelskie	Terespol	1996-04-15	2002-10-13
	Lublin-Radawiec	1985-04-29	2002-10-13
	Włodawa	1981-04-23, 1991-04-23	2002-10-13
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	1996-04-13	1997-10-26
	Ślubice	1997-04-16	1997-10-29
	Zielona Góra	1985-04-30	1988-11-04, 2009-11-04
Łódzkie	Wieluń	1985-05-01	2002-10-13
	Łódź-Lublinek	1985-05-01	1997-10-26
	Sulejów	1997-04-16	2002-10-13
Małopolskie	Kraków-Balice	1982-04-27	2007-10-20
	Tarnów	1982-04-27	2009-10-15
	Zakopane	1997-05-31	1995-10-01
	Kasprowy Wierch	1986-07-25	1989-08-02
	Nowy Sącz	1985-05-01	2009-10-15
Mazowieckie	Mława	1981-04-22	2003-10-22
	Płock	1996-04-15	1991-10-27
	Warszawa-Okęcie	1982-04-22	2009-10-15
	Siedlce	1984-04-28	2002-10-13
	Kozienice	1999-04-20	2002-10-13
Opolskie	Opole	1984-04-28	1997-10-25

Tabela. 2.9. cd. Daty pojawiania się i zanikania pokrywy śnieżnej w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Termin wystąpienia pokrywy śnieżnej	
		najpóźniejszy ostatniej	najwcześniejszy pierwszej
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	1985-04-29	2009-10-14
	Krosno	1985-04-29	2009-10-14
	Lesko	1985-05-01	2009-10-14
Podlaskie	Suwałki	1984-04-28	2002-10-14
	Białystok	1984-04-28	2002-10-14, 2009-10-14
Pomorskie	Ustka	1985-05-02	2003-10-24
	Łeba	1991-04-21	1997-10-24, 2003-10-24
	Lębork	1981-04-24	1994-10-05
	Hel	1981-04-24	2006-11-02
	Chojnice	1985-05-02	1997-10-25
Śląskie	Racibórz-Studzienna	1991-04-21	1997-10-26
	Katowice	1985-05-01	2009-10-15
	Bielsko-Biała	1985-05-01	2009-10-15
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	1982-04-27	2009-10-14
	Sandomierz	1999-04-20	2002-10-13
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	1988-04-25	2003-10-22
	Kętrzyn	1988-04-24	1992-10-12
	Olsztyn	1988-04-25	2002-10-07
	Mikołajki	1981-04-22	2003-10-22
Wielkopolskie	Piła	1988-04-23	1997-10-25
	Poznań	1985-05-02	1997-10-25
	Koło	1985-05-02	1997-10-25
	Leszno-Strzyżewice	1985-05-01	1997-10-26
	Kalisz	1988-04-23	1997-10-26
Zachodniopomorskie	Kołobrzeg	1981-04-24	2003-10-24
	Koszalin	1985-05-03	2003-10-24
	Świnoujście	1988-04-23	2003-10-24
	Szczecin Dąbie	1988-04-23	1988-10-31
	Resko	1981-04-24	2003-10-23

Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej na przeważającym obszarze Polski występuje w styczniu i w lutym, w strefie przybrzeżnej Bałtyku i niektórych stacjach na północy Polski w marcu. Na marzec przypada też maksymalna grubość pokrywy śnieżnej w wysokogórskich partiach Karpat i Sudetów. Wysokość maksymalnej grubości warstwy śniegu na terenie kraju, poza górami, waha się od 30 cm do 100 cm. Na szczytach tatrzańskich notuje się ponad 300 cm śniegu, w Sudetach do 250 cm. Maksymalną grubość pokrywy śnieżnej – 388 cm zanotowano na Kasprowym Wierchu 31 marca 1939 r.

Tabela 2.10. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja		Miesiąc								
			I	II	III	IV	V	X	XI	XII	
Dolnośląskie	Legnica	max	33	27	28	6	0	3	22	30	
		data	11 I 2010	28 II 2005	01 III 2005	04 IV 1996			27 X 1997	30 XI 2010	02 XII 2010
	Wrocław	max	33	27	25	8	0	3	25	25	
		data	30 I 1987	19 II 1999	07 III 2005	11 IV 1986			27 X 1997	20 XI 1995	02 XII 2010
	Jelenia Góra	max	40	48	44	18	0	15	27	45	
		data	03 I 2002	26 II 1993	10 III 2005	20 IV 1991			16 X 2009	22 XI 1985	16 XII 2010
	Śnieżka	max	231	230	247	238	107	65	80	190	
		data	06 I 1994	28 II 2005	14 III 2005	01 IV 1988	02 V 1982		27 X 1992	30 XI 2004	31 XII 1993
	Kłodzko	max	40	34	31	15	0	4	24	29	
		data	11 I 2010	18 II 1999	17 III 2006	21 IV 1991			18 X 1992	19 XI 1984	02 XII 2010
	Kujawsko-pomorskie	Toruń	max	34	40	26	9	0	0	20	35
			data	30 I 2010	04 II 2010	02 III 2006	06 IV 1997				29 XI 1993
Lubelskie	Terespol	max	40	51	43	16	0	4	30	34	
		data	25 I 1987	16 II 2010	05 III 1996	13 IV 1996			26 X 2003	24 XI 1999	31 XII 2010
	Lublin-Radawiec	max	42	46	44	24	0	18	43	35	
		data	13 I 1987	15 II 2010	12 III 2005	20 IV 1999			15 X 2009	25 XI 1999	27 XII 1981
	Włodawa	max	30	49	37	8	1	6	36	30	
		data	29 I 2010	16 II 2010	15 III 1996	13 IV 1996	01 V 1985		14 X 2009	24 XI 1999	04 XII 2010

Tabela 2.10. cd. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja		Miesiąc								
			I	II	III	IV	V	X	XI	XII	
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	max	9	31	21	4	0	1	11	35	
		data	31 I 2010	13 II 2010	13 III 2005	11 IV 1986		26 X 1997	30 XI 1985	26 XII 2010	
	Słubice	max	23	28	20	13	0	1	16	34	
		data	28 I 2010	20 II 1986	26 III 2001	11 IV 1986		29 X 1997	23 XI 1993	28 XII 2010	
	Zielona Góra	max	37	35	30	17	0	4	21	40	
		data	11 I 2010	12 II 2010	02 III 2005	11 IV 1986		26 X 1997	27 XI 1989	28 XII 2010	
Łódzkie	Sulejów	max	34	46	24	12	0	4	23	42	
		data	27 I 1987	16 II 2010	15 III 2006	01 IV 1984		26 X 1997	24 XI 1999	27 XII 1981	
	Wieluń	max	32	39	20	13	2	4	55	35	
		data	24 I 1987	16 II 2010	03 III 1986	01 IV 1993	01 V 1985	27 X 1997	28 XI 1985	27 XII 1981	
	Łódź-Lublinek	max	33	35	28	12	2	1	25	46	
		data	01 I 2006	07 II 2006	07 III 2006	01 IV 1984	01 V 1985	26 X 1997	25 XI 1999	27 XII 1981	
Małopolskie	Kraków-Balice	max	43	39	33	22	0	3	23	31	
		data	29 I 1987	01 II 1987	03 III 1986	03 IV 1996		31 X 1988	16 XI 2007	27 XII 1981	
	Tarnów	max	44	53	33	28	0	8	39	34	
		data	03 I 2002	16 II 2010	10 III 2005	09 IV 2003		15 X 2009	24 XI 1999	04 XII 2010	
	Zakopane	max	95	95	84	50	18	59	60	62	
		data	22 I 2000	02 II 1982	25 III 2009	14 IV 1995	07 V 1989	16 X 2009	24 XI 1999	31 XII 1982	
	Kasprowy Wierch	max	200	280	335	355	225	71	153	217	
		data	20 I 1992	20 II 2009	21 III 2009	15 IV 1995	01 V 1997	17 X 2009	16 XI 1981	21 XII 1999	
	Nowy Sącz	max	46	48	35	18	2	5	38	32	
		data	24 I 1987	13 II 1999	10 III 2005	09 IV 1990	01 V 1985	27 X 1997	05 XI 1995	17 XII 2001	

Tabela 2.10. cd. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja		Miesiąc								
			I	II	III	IV	V	X	XI	XII	
Mazowieckie	Kozienice	max	27	45	24	13	0	6	30	43	
		data	30 I 2010	15 II 2010	18 III 2006	09 IV 2003		15 X 2009	30 XI 2010	4 XII 2010	
	Mława	max	40	48	41	10	0	1	16	41	
		data	25 I 1987	15 II 2010	01 III 2006	01 IV 1984		22 X 2003	22 XI 1999	21 XII 2010	
	Ostrołęka	max	44	42	39	8	0	1	17	30	
		data	28 I 1987	01 II 1987	15 III 1996	12 IV 1986		27 X 1997	24 XI 1999	27 XII 1981	
	Płock	max	31	32	30	14	0	3	16	34	
		data	01 I 2006	18 II 2006	06 III 2006	01 IV 1984		27 X 1991	24 XI 1999	27 XII 1981	
	Warszawa- Okęcie	max	39	53	34	14	0	2	33	43	
		data	30 I 2010	16 II 2010	08 III 2005	09 IV 2003		15 X 2009	30 XI 2010	28 XII 1981	
	Siedlce	max	36	42	33	12	0	9	33	26	
		data	12 I 2010	16 II 2010	06 III 1996	15 IV 1996		15 X 2009	24 XI 1999	20 XII 1981	
	Opolskie	Opole	max	45	36	26	7	0	10	17	29
			data	29 I 1987	01 II 1987	01 III 2005	03 IV 1996		27 X 1997	30 XI 2010	26 XII 1981
Podkarpackie	Rzeszów- Jasionka	max	37	48	53	20	0	13	34	33	
		data	17 I 1987	15 II 2010	12 III 2005	09 IV 2003		26 X 1997	24 XI 1999	04 XII 2010	
	Krosno	max	50	46	54	20	0	16	38	31	
		data	27 I 2000	15 II 2010	10 III 2005	09 IV 2003		15 X 2009	25 XI 1999	21 XII 2001	
	Lesko	max	82	68	65	38	2	35	45	42	
		data	27 I 2000	02 II 1982	09 III 2005	20 IV 1999	01 V 1985	15 X 2009	24 XI 1999	11 XII 1998	

Tabela 2.10. c d. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja		Miesiąc							
			I	II	III	IV	V	X	XI	XII
Podlaskie	Suwałki	max	55	60	64	50	0	13	18	56
		data	03 I 2002	25 II 1996	16 III 1996	02 IV 1996		22 X 2003	25 XI 2004	31 XII 2010
	Białystok	max	80	65	60	46	0	4	25	47
		data	04 I 1987	16 II 2010	13 III 2005	02 IV 1996		26 X 2003	30 XI 1989	20 XII 1981
Pomorskie	Ustka	max	55	51	37	4	4	4	24	80
		data	09 I 1985	13 II 2010	03 III 2005	11 IV 1986	02 V 1985	25 X 1997	30 XI 1985	15 XII 1989
	Łeba	max	70	38	30	10	2	12	19	39
		data	01 I 1987	03 II 2001	01 III 1986	26 IV 1985	01 V 1985	25 X 1997	25 XI 2008	31 XII 2010
	Lębork	max	55	47	74	13	2	6	26	38
		data	13 I 1987	22 II 1985	19 III 1987	09 IV 2003	01 V 1985	25 X 1997	25 XI 2008	31 XII 2001
	Hel	max	50	44	56	16	0	0	25	38
		data	15 I 1987	22 II 1985	06 III 1987	11 IV 1986			26 XI 1989	26 XII 2010
	Chojnice	max	41	50	39	12	4	1	15	33
		data	31 I 2010	03 II 2010	15 III 1988	11 IV 1986	01 V 1985	25 X 1997	30 XI 1988	28 XII 2010

Tabela 2.10. cd. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja		Miesiąc							
			I	II	III	IV	V	X	XI	XII
Śląskie	Racibórz-Studzienne	max	34	33	20	17	0	5	17	35
		data	01 I 2006	15 II 2010	08 III 2005	03 IV 1996		28 X 1997	16 XI 1985	31 XII 2005
	Katowice	max	43	44	36	25	4	3	22	39
		data	26 I 1987	14 II 2006	01 III 2004	03 IV 1996	01 V 1985	15 X 2009	25 XI 1999	31 XII 2005
	Bielsko-Biała	max	87	60	70	35	14	21	40	54
		data	07 I 1987	04 II 2005	14 III 2005	01 IV 1993	01 V 1985	16 X 2009	15 XI 1985	31 XII 2001
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	max	35	40	34	12	0	11	21	30
		data	17 I 1987	17 II 2006	02 III 2006	10 IV 2003		26 X 1997	24 XI 1999	21 XII 1981
	Sandomierz	max	28	43	34	12	0	15	30	36
		data	26 I 1987	16 II 2010	12 III 2005	01 IV 1984		15 X 2009	24 XI 1999	04 XII 2010
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	max	52	49	54	22	0	37	31	35
		data	31 I 1987	01 II 1987	05 III 1987	09 IV 2003		28 X 1997	25 XI 1989	31 XII 2001
	Kętrzyn	max	49	48	51	18	0	10	28	51
		data	31 I 1987	01 II 1998	15 III 1996	11 IV 1986		26 X 1997	28 XI 1989	15 XII 2010
	Olsztyn	max	59	60	41	14	0	22	32	50
		data	29 I 1987	01 II 1987	13 III 2005	01 IV 1984		26 X 1997	24 XI 1989	12 XII 2010
	Mikołajki	max	49	49	53	21	0	10	24	40
		data	29 I 1987	01 II 1987	13 III 2005	02 IV 1996		26 X 1997	28 X 2007	27 XII 1981

Tabela 2.10. cd. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja		Miesiąc							
			I	II	III	IV	V	X	XI	XII
Wielkopolskie	Piła	max	36	42	19	4	4	4	20	29
		data	31 I 2010	03 II 2010	09 III 1988	28 IV 1985	01 V 1985	25 X 1997	23 XI 1993	25 XII 2001
	Poznań	max	22	33	22	13	4	3	14	28
		data	28 I 2010	12 II 2010	03 III 2005	11 IV 1986	02 V 1985	26 X 1997	25 XI 1989	20 XII 2010
	Koło	max	33	31	21	4	4	1	15	28
		data	22 I 2006	14 II 1983	01 III 1986	06 IV 1997	01 V 1985	25 X 1997	25 XI 1989	28 XII 1981
	Leszno-Strzyże	max	21	29	18	4	1	4	15	24
		data	18 I 2010	03 II 2010	07 III 2005	11 IV 1986	01 V 1985	26 X 1997	27 XI 1989	08 XII 2010
	Kalisz	max	30	29	12	6	3	3	18	38
		data	28 I 1987	13 II 1983	01 III 1986	01 IV 1993	01 V 1985	26 X 1997	29 XI 1993	21 XII 1981
Zachodnio-pomorskie	Kołobrzeg	max	35	40	29	3	0	4	19	28
		data	31 I 2010	13 II 2010	06 III 2005	09 IV 1982		27 X 1997	22 XI 1999	31 XII 2001
	Koszalin	max	44	39	45	5	18	14	19	43
		data	01 I 2002	02 II 2010	03 III 2005	11 IV 1986	02 V 1985	24 X 2003	30 XI 1985	31 XII 2001
	Resko	max	42	40	30	7	0	2	40	41
		data	01 I 2002	04 II 2010	03 III 2005	11 IV 1986		27 X 1997	24 XI 2008	25 XII 1986
	Szczecin Dąbie	max	33	37	25	4	0	2	10	23
		data	01 I 2010	15 II 2010	07 III 2006	08 IV 2008		31 X 1988	30 XI 1983	21 XII 2010
	Świnoujście	max	46	45	52	11	0	2	17	26
		data	08 I 1985	13 II 2010	03 III 2005	23 IV 1988		24 X 2003	26 XI 1989	18 XII 2010

2.3. Zawieje i zamiecie śnieżne

CHARAKTERYSTYKA ZAWIEI I ZAMIECI

Zamieć śnieżna – zjawisko atmosferyczne polegające na unoszeniu z powierzchni ziemi i przenoszeniu śniegu przez wiatr. **Zawieja śnieżna** – zamieć śnieżna występująca równocześnie z opadami śniegu.

Czynniki wpływające na występowanie zamieci śnieżnej:

- ▷ prędkość wiatru – im większa prędkość i porywistość wiatru, tym większe prawdopodobieństwo unoszenia śniegu; możliwość wystąpienia zamieci śnieżnej istnieje już przy wietrze umiarkowanym (5-8 m/s)
- ▷ czas zalegania i rodzaj śniegu – śnieg zleżały i zbity jest mniej podatny na unoszenie niż śnieg świeży i puszysty
- ▷ temperatura powietrza – przy temperaturze bliskiej 0°C śnieg jest mokry i ciężki; w niskiej temperaturze, zdecydowanie poniżej 0°C, śnieg jest sypki i lekki
- ▷ ukształtowanie i pokrycie terenu – pagórki, zagłębienia terenu, nasypy, przeszkody, zabudowania, lasy lub ich brak wpływają na osłabienie lub zwiększenie prędkości wiatru.

Największe natężenie zamieci osiąga, gdy suchy, sypki śnieg zalega na powierzchni skorupy śnieżnej lub lodowej.

Tabela 2.11. Kryteria wydawania ostrzeżeń przed zawiejami i zamieciami śnieżnymi stosowane w służbie meteorologicznej IMGW-PIB

Stopień zagrożenia			Kryteria
1	2	3	
x			zawieje/zamiecie śnieżne, na przeważającym obszarze*, gdy zaistnieją łącznie następujące warunki: a) niestabilna pokrywa suchego śniegu b) wiatr o prędkości $29 \text{ km/h} < V_{\text{śr}} \leq 40 \text{ km/h}$ t.j. $8 \text{ m/s} < V_{\text{śr}} \leq 11 \text{ m/s}$ lub w porywach $54 \text{ km/h} < V \leq 72 \text{ km/h}$ t.j. $15 \text{ m/s} < V \leq 20 \text{ m/s}$ c) opady śniegu przy zawiejach śnieżnych
	X		zawieje/zamiecie śnieżne, na przeważającym obszarze*, gdy zaistnieją łącznie następujące warunki: a) niestabilna pokrywa z suchego śniegu b) wiatr o prędkości $V_{\text{śr}} > 40 \text{ km/h}$ t.j. $V_{\text{śr}} > 11 \text{ m/s}$ lub w porywach $V > 72 \text{ km/h}$ t.j. $V > 20 \text{ m/s}$ c) opady śniegu przy zawiejach śnieżnych
		X	nie stosuje się

* – więcej niż 50% obszaru, dla którego przewiduje się wystąpienie zjawiska
 $V_{\text{śr}}$ – średnia prędkość wiatru (w treści ostrzeżenia w km/h)
 V – prędkość wiatru w porywach (w treści ostrzeżenia w km/h)

Natężenie zamieci śnieżnej określane jest w odniesieniu do prędkości wiatru, tempa tworzenia się zasp i ilości nagromadzonego śniegu. Zamieć słaba lub umiarkowana występuje, gdy zasp nie tworzą się wcale lub w małym stopniu. Zamieć silna występuje w przypadku gwałtownego narastania zasp.

Ze względu na wysokość, do której występuje zjawisko, zamieć śnieżną dzielimy na niską i wysoką. Zamieć niską obserwuje się, jeżeli śnieg jest unoszony do poziomu 1,5 m nad poziom gruntu, zamieć wysoką – powyżej 1,5 m.

SYTUACJE SYNOPTYCZNE SPRZYJAJĄCE WYSTĘPOWANIU ZAMIECI I ZAWIEI W POLSCE

Zawieje śnieżne najczęściej występują w przednich częściach głębokich niżów (bardzo niskie ciśnienie w ośrodku), w strefie intensywnych opadów śniegu przed frontem ciepłym, nasuwającym się nad obszar, w którym przez dłuższy czas występowała mroźna pogoda wyżowa. Śnieg padający na zmrożone podłoże i silny wiatr skutkują zawiejami śnieżnymi. Po przejściu frontu ciepłego zawieje zwykle kończą się. Ciepłe powietrze powoduje topnienie śniegu, co uniemożliwia jego unoszenie, nawet przy silnym wietrze.

Zawieje śnieżne występują również w tylnych częściach niżów, za frontem chłodnym. Występują wówczas przelotne opady śniegu, którym przy napływie chłodnego powietrza towarzyszy porywisty wiatr, powodujący krótkotrwałe zawieje śnieżne. W przerwach pomiędzy opadami mogą występować zamiecie niskie i wysokie,



Zasp śnieżne, 3.02.2010 r., fot. Zbigniew Chlebicki

gdy temperatura powietrza jest wyraźnie poniżej 0°C, śnieg jest suchy, a prędkość wiatru przekracza 5 m/s.

Zamiecie śnieżne są obserwowane również w obszarze położonym w strefie przejściowej między mroźnym wyżem (znad Skandynawii lub Rosji) a niżem (znad południowej lub zachodniej Europy), gdzie powstaje duży gradient ciśnienia występuje silny wiatr oraz opady suchego śniegu.

SKUTKI WYSTĘPOWANIA ZAWIEI I ZAMIECI W POLSCE

Głównym utrudnieniem związanym z występowaniem zawiei i zamieci jest tworzenie się zasp śnieżnych na drogach oraz na stronach dowietrznych przeszkód terenowych. Dodatkowo zawieje i zamiecie śnieżne znacznie ograniczają widzialność, nawet poniżej 100 m.

Wszystkie opisane sytuacje powodują znaczne utrudnienia komunikacyjne. Na skutek zasypania dróg małe miejscowości, położone z dala od dużych aglomeracji miejskich, są narażone na całkowite odcięcie od cywilizacji. Pozostawione przy drogach pojazdy mogą ulec całkowitemu lub częściowemu zasypaniu. Występowanie zjawiska prowadzi do poważnych utrudnień w ruchu lotniczym, nawet do zamknięcia lotnisk.

2.4. Opady marznące powodujące gołoledź

Charakterystyka opadów marznących i gołoledzi

Opady marznące – opady deszczu lub mżawki, które zamarzają w momencie zetknięcia z przechłodzoną powierzchnią, powodując gołoledź.

Opady marznące powstają w wyniku:

- ▷ zamarzania przechłodzonych kropelek deszczu lub mżawki na powierzchni o temperaturze poniżej 0°C
- ▷ zamarzania nieprzechłodzonych kropelek deszczu lub mżawki na powierzchni o temperaturze poniżej 0°C
- ▷ zamarzania przechłodzonych kropelek deszczu lub mżawki na powierzchni o temperaturze nieco wyższej od 0°C.

Gołoledź – osad lodu na ogół jednorodny i przezroczysty powstały na powierzchni ziemi lub na obiektach znajdujących się na niej (np. pojazdy, linie napowietrzne, płoty, rośliny, słupy).

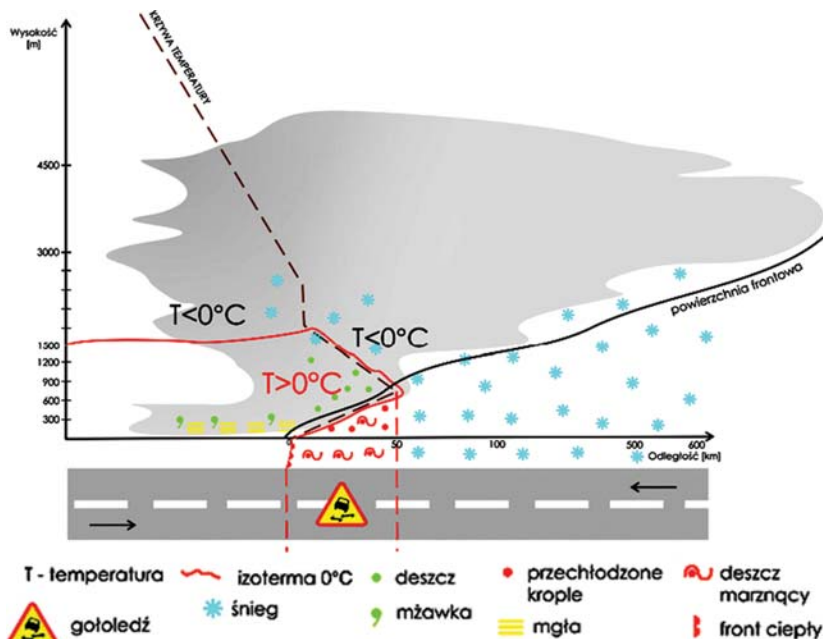
Gołoledzi nie należy mylić z warstwą lodu powstającą na powierzchni w wyniku:

- ▷ zamarzania wody zgromadzonej po wcześniej występujących opadach deszczu lub mżawki
- ▷ zamarzania wody powstałej z topnienia pokrywy śnieżnej
- ▷ ponownego zamarzania stopniałej pokrywy śnieżnej.

SYTUACJE SYNOPTYCZNE SPRZYJAJĄCE WYSTĘPOWANIU OPADÓW MARZĄCYCH W POLSCE

Opady marzące w Polsce występują tylko w chłodnej porze roku, od listopada do marca, sporadycznie w kwietniu i w październiku. Średnia liczba dni z gołoledzią w Polsce kształtuje się od 0 do 10 dni w sezonie od listopada do kwietnia, z maksimum w grudniu i styczniu.

Najbardziej intensywne i niebezpieczne opady marzące są notowane przed frontem ciepłym, gdy na wychłodzone podłoże pada deszcz lub mżawka. W okresie poprzedzającym przejście frontu występuje ujemna temperatura powietrza, podłoże jest silnie zmrożone. Powietrze ciepłe jest lżejsze od chłodnego, dlatego napływa nad dany obszar najpierw w wyższych warstwach troposfery. Dochodzi do za-



Schemat powstawania gołoledzi

burzenia pionowego rozkładu temperatury, która zamiast obniżać się z wysokością, zaczyna wzrastać. W sytuacji, kiedy w dolnej warstwie atmosfery przy powierzchni ziemi zalega jeszcze mroźne powietrze, a ponad nim już znajduje się cieplejsza masa, często o temperaturze kilku stopni powyżej 0°C, powstaje tzw. inwersja temperatury.

W procesie napływu nad chłodniejszy obszar powietrze ciepłe ochładza się. W efekcie dochodzi do kondensacji pary wodnej i powstania zwartego, rozległego systemu zachmurzenia warstwowego oraz wystąpienia opadów.

Wypadający z chmur opad w postaci stałej topi się w cieplej warstwie inwersyjnej. Spada na zmrożone podłoże, znajdujące się jeszcze w mroźnej masie powietrza, która zalega poniżej inwersji. W przyziemnej warstwie mroźnego powietrza dochodzi do przechłodzenia kropeł, które zamarzają w zetknięciu z wychłodzonym gruntem lub przedmiotami na nim się znajdującymi. Powstaje jednorodna pokrywa lodowa zwaną gołoledzią. Najgrubsze warstwy lodu narastają podczas powolnego przemieszczania się ciepłego frontu atmosferycznego. Po przejściu frontu temperatura powietrza wzrasta do dodatniej, ale podłoże ogrzewa się wolniej niż powietrze i powstała warstwa gołoledzi utrzymuje się nieco dłużej.

Zdarza się, że przyziemna, mroźna warstwa atmosfery jest zbyt cienka i krople wody nie zdążą ulec przechłodzeniu, ale w kontakcie z mocno wychłodzoną powierzchnią natychmiast zamarzają.

Opady marznącej mżawki lub słabego deszczu występować mogą również w ciepłych wycinkach niżu, a także w wyżu. Związane są wówczas z występowaniem cienkich chmur podinwersyjnych, w których na górnej granicy temperatura nie spada poniżej -10°C (w przeciwnym wypadku wystąpiłyby opady słabego śniegu).

Tabela 2.12. Kryteria wydawania ostrzeżeń przed opadami marznącymi stosowane w służbie meteorologicznej IMGW-PIB

Stopień zagrożenia			Kryteria
1	2	3	
X			opady marznącej mżawki lub deszczu trwające w jednym miejscu do 12 godzin
	X		opady marznącej mżawki lub deszczu trwające w jednym miejscu od 12 do 24 godzin
		X	opady marznącej mżawki lub deszczu trwające w jednym miejscu powyżej 24 godzin

Charakterystyczne jest przy tym występowanie warstwy inwersji (odwrotnego pionowego rozkładu) temperatury, której dolna granica znajduje się na wysokości ok. 500-1000 m, a górna na wysokości ok. 1500 m.

Występowanie opadów marznięcych i powstającej wskutek tego gołoledzi nie jest związane z cyklem dobowym, zależy jedynie od warunków synoptycznych.

SKUTKI WYSTĘPOWANIA OPADÓW MARZNĄCYCH W POLSCE

Opady marznięce, w zależności od ich natężenia, mają negatywny wpływ na gospodarkę, przede wszystkim na infrastrukturę i komunikację. Obok sytuacji, kiedy gołoledź, powodująca śliskość na drogach, mostach i chodnikach, paraliżuje bądź utrudnia komunikację, mamy do czynienia z awariami sieci energetycznej, trakcji kolejowej.



Gołoledź, Kłodzko, 10.03.2013, fot. Zbigniew Chlebicki

Odkładanie się osadu lodowego na przewodach i urządzeniach sieci energetycznej, trakcji kolejowej prowadzi w skrajnych przypadkach do ich zerwania, a często do zatrzymania ruchu kolejowego.

CHARAKTERYSTYKA KLIMATOLOGICZNA OPADÓW MARZĄCYCH

Tabela 2.13. Liczba dni z gołoledzią w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc						Rok
		I	II	III	X	XI	XII	
Dolnośląskie	Legnica	60	31	6	0	12	53	162
	Wrocław	64	39	3	0	12	57	175
	Jelenia Góra	29	15	4	0	14	39	101
	Kłodzko	36	26	11	1	21	45	140
Kujawsko-pomorskie	Toruń	49	25	2	0	17	53	146
Lubelskie	Terespol	30	19	3	0	16	35	103
	Lublin-Radawiec	71	34	11	0	25	75	216
	Włodawa	64	37	14	2	29	79	225
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	88	27	4	0	16	69	204
	Słubice	48	19	2	1	4	25	99
	Zielona Góra	74	49	9	2	22	90	246
Łódzkie	Wieluń	37	26	2	0	6	44	115
	Łódź-Lublinek	49	44	3	0	20	61	177
	Sulejów	66	39	8	0	22	75	210
Małopolskie	Kraków-Balice	47	25	4	0	21	59	156
	Zakopane	32	18	19	4	16	37	126
	Nowy Sącz	10	13	5	0	7	24	59
Mazowieckie	Siedlce	100	65	17	0	41	118	341
	Kozienice	47	30	2	0	13	42	134
	Płock	70	29	4	0	28	81	212
	Warszawa-Okęcie	52	33	7	0	15	61	168
	Mława	42	30	2	0	15	60	149
Opolskie	Opole	33	13	1	1	2	18	68

Tabela. 2.13. cd. Liczba dni z gołoledzią w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc						Rok
		I	II	III	X	XI	XII	
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	41	19	10	0	9	47	126
	Krosno	74	42	4	0	18	70	208
	Lesko	61	39	7	0	15	49	171
Podlaskie	Suwałki	62	36	9	0	32	73	212
	Białystok	63	48	8	0	30	70	219
Pomorskie	Łeba	37	16	2	0	4	27	86
	Hel	16	14	2	0	1	18	51
	Chojnice	60	39	7	1	25	66	198
Śląskie	Racibórz Studzienna	38	28	12	0	10	32	120
	Katowice	40	30	4	1	14	52	141
	Bielsko Biała	25	27	6	0	11	31	100
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	111	61	20	4	30	104	330
	Sandomierz	40	28	3	0	9	47	127
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	50	23	0	0	12	50	135
	Mikołajki	61	43	8	0	27	77	216
	Kętrzyn	52	31	6	0	10	53	152
	Olsztyn	71	48	6	0	21	80	226
Wielkopolskie	Piła	87	34	7	0	28	91	247
	Poznań	55	29	5	2	15	54	160
	Koło	49	26	5	0	21	48	149
	Kalisz	45	33	1	0	15	58	152
	Leszno-Strzyżewice	72	33	6	1	13	58	183
Zachodnio-pomorskie	Koszalin	55	20	2	0	11	42	130
	Szczecin Dąbie	40	19	0	0	6	34	99

2.5. Oblodzenie nawierzchni

CHARAKTERYSTYKA OBLODZENIA

Oblodzenie – zjawisko polegające na tworzeniu się na powierzchni ziemi lub płaskich przedmiotach (drogi, chodniki i inne powierzchnie) warstwy lodu wskutek zamarzania wody po opadach atmosferycznych lub topnieniu pokrywy śnieżnej.

Oblodzenie należy odróżnić od gołoledzi, która została opisana w poprzednim podrozdziale. Obydwa zjawiska powodują śliskość nawierzchni, ale przyczyny ich powstawania są zupełnie inne.

Tabela 2.14. Kryteria wydawania ostrzeżeń o oblodzeniu stosowane w służbie meteorologicznej IMGW-PIB

Stopień zagrożenia			Kryteria
1	2	3	
X			spadek temperatury $<0^{\circ}\text{C}$ powodujący na przeważającym obszarze* zamarzanie mokrej nawierzchni po opadach deszczu, deszczu ze śniegiem lub mokrego śniegu
			nie stosuje się
			nie stosuje się
* – więcej niż 50% obszaru, dla którego przewiduje się wystąpienie zjawiska			

WARUNKI METEOROLOGICZNE SPRZYJAJĄCE POWSTAWANIU OBLODZENIA W POLSCE

Oblodzenie jest zjawiskiem występującym w chłodnej połowie roku, kiedy w ciągu doby naprzemiennie dochodzi do wzrostu temperatury powyżej 0°C i spadku poniżej 0°C , co prowadzi do procesów zamarzania i rozmarzania. Warunki takie najczęściej pojawiają się zimą, ale mogą wystąpić także wiosną i jesienią, przy napływie z północy zimnej masy powietrza pochodzenia arktycznego.

Oblodzenie jest związane z następującymi warunkami meteorologicznymi:

- ▷ dobowe wahanie temperatury powietrza, oscylujące około 0°C , np. dzienne nagrzanie w wyniku nasłonecznienia i nocny spadek temperatury wywołany radiacyjnym wychłodzeniem powierzchni ziemi
- ▷ napływ chłodnej masy powietrza (o temperaturze poniżej 0°C) nad cieplejszą i mokrą powierzchnię, powodujący gwałtowne ochłodzenie.

W obu przypadkach spadek temperatury poniżej 0°C musi być poprzedzony okresem cieplejszym, podczas którego powierzchnia ziemi i przedmioty znajdujące się na niej pokryją się warstwą wody. Tworzy się ona po opadach deszczu, deszczu ze śniegiem lub mokrego śniegu, a także w wyniku topnienia zalegającej pokrywy śnieżnej (częściowo albo w całości). Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym oblodzeniu jest uprzednio zamrożony grunt, co uniemożliwia wsiąkanie wody w podłoże, a także przyspiesza proces zamarzania. W takich warunkach więcej wody gromadzi się na powierzchni i powstająca warstwa lodu jest grubsza.

Oblodzenie tworzące się w wyniku radiacyjnego wychłodzenia powierzchni ziemi (wypromieniowanie ciepła) utrzymuje się zwykle w godzinach nocnych i porannych, kiedy to temperatura spada poniżej 0°C. W ciągu dnia podczas stopniowego wzrostu temperatury warstwa lodu topi się i oblodzenie ustępuje. Sytuacja taka może powtarzać się przez kilka dni z rzędu pod warunkiem, że powierzchnia ziemi pozostanie mokra po opadach atmosferycznych lub w wyniku topnienia pokrywy śnieżnej.

W przypadku napływu chłodnej masy powietrza nad cieplejszą i moką powierzchnię (często po przejściu frontu chłodnego) proces zamarzania wody zachodzi tylko raz. Powstałe w ten sposób oblodzenie może utrzymywać się przez dłuższy czas, do momentu, gdy lód ulegnie zjawisku sublimacji lub roztopi się podczas ocieplenia.

Specyficznym rodzajem oblodzenia występującego na drogach jest tzw. „czarny lód”. Zjawisko występuje, gdy nawierzchnia drogi pokryta jest bardzo cienką warstwą przezroczystego lodu, którego nie widać. Powstaje zwykle w nocy albo wcześnie rano, szczególnie podczas okresów dużej wilgotności powietrza, gdy temperatura powietrza spada poniżej 0°C. Powstała w ten sposób warstwa lodu jest na tyle cienka, że często zanika w wyniku dziennego nagrzania słonecznego. W miejscach zacienionych „czarny lód” może utrzymywać się przez dłuższy czas. Najczęściej gromadzi się na odcinkach szos biegnących przez lasy, pola, na mostach i wiaduktach, w tunelach, zagłębieniach terenu lub w pobliżu zbiorników wodnych.

SKUTKI OBLODZENIA

Oblodzenie dróg znacznie utrudnia warunki jazdy i zwiększa ryzyko wypadków komunikacyjnych. Oblodzenie chodników stanowi zagrożenie dla pieszych, gdyż zwiększa ryzyko upadku, a przez to stłuczeń ciała lub złamań kończyn. Swoisty przykład oblodzenia to powstawanie na krawężniach dachów sopli, które mogą być zagrożeniem dla przechodniów.

2.6. Silny mróz

CHARAKTERYSTYKA MROZU

Mróz – stan pogody, kiedy temperatura powietrza na otwartej przestrzeni (na wysokości 2 metrów nad gruntem) przez całą dobę utrzymuje się poniżej 0°C.

Dni mroźne – dni, w których temperatura maksymalna jest niższa od 0°C.

Dni bardzo mroźne – dni, w których temperatura maksymalna jest niższa od -10°C.

Silny mróz – dni, w których temperatura minimalna jest niższa od -20°C.

Liczba dni z mrozem zależy od szerokości geograficznej oraz od położenia obszaru w stosunku do rozległych powierzchni wodnych (np.: morza, jeziora), orografii terenu. Występowanie dni mroźnych w Polsce przypada na okres od grudnia do marca, sporadycznie są one również odnotowywane w listopadzie i kwietniu. Najzimniejszym obszarem w Polsce, oprócz obszarów górskich, jest rejon północno-wschodni, szczególnie Suwalszczyzna. Ten obszar cechują najostrejsze i najdłuższe zimy oraz stosunkowo krótkie i niezbyt ciepłe lata. Dni bardzo mroźne, z temperaturą maksymalną poniżej -10°C, notuje się w Polsce od grudnia do lutego, głównie w północno-wschodniej części kraju oraz w górach.

Tabela 2.15. Kryteria wydawania ostrzeżeń dotyczące silnego mrozu stosowane w służbie meteorologicznej IMGW-PIB

Stopień zagrożenia			Kryteria
1	2	3	
X			$-15^{\circ}\text{C} \geq T_{\min} \geq -25^{\circ}\text{C}$
	X		$-25^{\circ}\text{C} > T_{\min} > -30^{\circ}\text{C}$
		X	$T_{\min} \leq -30^{\circ}\text{C}$
<i>T_{min} – temperatura powietrza minimalna</i>			

SYTUACJE SYNOPTYCZNE POWODUJĄCE WYSTĘPOWANIE SILNEGO MROZU W POLSCE

Najniższe wartości temperatury minimalnej w okresach zimowych notowane są w Polsce głównie w rozległych układach wyżowych z centrum nad europejską częścią Rosji (Wyż Wschodnioeuropejski) lub nad Skandynawią. Takie położenie ukła-

dów barycznych powoduje napływ mroźnych mas powietrza pochodzenia arktycznego i polarno-kontynentalnego nad obszar naszego kraju z północy, północnego wschodu i wschodu Europy. Mróz potęguje się, gdy układy te zalegają długo, od 5 nawet do 10 dni, w skrajnych przypadkach nawet do ok. dwóch tygodni (styczeń, 1942).

W styczniu 2006 roku w niektórych miastach Polski padły historyczne rekordy temperatury. Fala wielkich mrozów najpierw dotarła nad zachodnią Rosję, gdzie temperatura spadła do -45°C . W Moskwie termometry wskazały -32°C . Do Polski silny mróz dotarł 19 stycznia 2006 roku i najpierw zaznaczył się na Podlasiu. Nawet w godzinach popołudniowych temperatura maksymalna nie przekroczyła -20°C . W Sulejowie na Ziemi Łódzkiej temperatura spadła do $-32,1^{\circ}\text{C}$. Była to najniższa, w całej serii obserwacyjnej, temperatura zanotowana w tym miesiące.

SKUTKI SILNEGO MROZU

Silny mróz jest przyczyną wielu strat w gospodarce, zwłaszcza w produkcji rolnej i sadownictwie, powodując wymarzanie zbóż ozimych i drzew owocowych. Zaburza normalną pracę systemów energetycznych i komunikacyjnych oraz zakładów przemysłowych. Mróz może powodować rozległe awarie: trakcji i torów kolejowych, magistrali ciepłowniczych, instalacji i urządzeń hydrotechnicznych, wodociągów, sieci kanalizacyjnej i linii przesyłowych wysokiego napięcia. Może to doprowadzić do sparaliżowania życia na terenach zurbanizowanych, miejskich oraz wiejskich. Z powodu braku wody może obniżyć się stan sanitarno-higieniczny. Awarie w oczyszczalniach ścieków mogą spowodować katastrofę ekologiczną. Niska temperatura ma również negatywny wpływ na transport żywności.

Silny mróz stanowi zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi oraz zwierząt. W wyniku odmrożenia mogą wystąpić trwałe uszkodzenia nieodpowiednio zabezpieczonych i najbardziej narażonych na kontakt z mroźnym powietrzem części ciała. Typowymi objawami odmrożeń są: znaczne ogólne wychłodzenie, uczucie kłujących szpilek na wychłodzonych częściach ciała, utrata czucia i drętwienie oraz bladeść palców nóg, rąk, nosa, policzków i małżowin usznych, które potem czerwienieją, a następnie sinieją. Długotrwałe przebywanie na silnym mrozie doprowadza początkowo do skrajnego wychłodzenia, gdy temperatura wewnętrzna ciała zaczyna spadać poniżej 35°C (początek płytkiej hipotermii), potem do procesu zamarzania organizmu. Konsekwencją tego są zgony, szczególnie wśród osób bezdomnych lub będących pod wpływem alkoholu.

Ważnym czynnikiem potęgującym negatywne warunki termiczne jest wiatr. Silny wiatr w połączeniu z temperaturą powietrza, nawet tylko nieco poniżej 0°C, może mieć taki sam skutek jak bezwietrzne powietrze o temperaturze poniżej -30°C. Wiatr połączony z mrozem może być przyczyną szybko postępującego procesu odmrożenia i wychłodzenia organizmu, prowadząc nawet w skrajnych przypadkach do śmierci.

Istotną informacją o zagrożeniu mrozem jest tzw. wskaźnik temperatury odczuwalnej (wind chill), który jest wyliczany na podstawie wartości temperatury, wiatru, opadów i wilgotności powietrza.

Trwają badania naukowe nad stworzeniem wskaźników biometeorologicznych, które w najlepszy sposób powiążą i przedstawią reakcję organizmu ludzkiego na mroźne warunki pogodowe.



Zamarznięte morze na skutek długotrwałego mrozu, 26.02.2012, fot. Tomasz Krywoszejew

Bardzo negatywnym skutkiem długotrwałego mrozu jest również zamarzanie rzek oraz zbiorników wodnych. Powoduje to utrudnienia żeglugi, transportu wodnego itp. Stanowi potencjalne zagrożenie powodziowe, którego wystąpienie zależy od warunków pogodowych w okresie odwilży.

CHARAKTERYSTYKA KLIMATOLOGICZNA SILNEGO MROZU

Średnia roczna **liczba dni mroźnych ($t_{max} < 0^{\circ}\text{C}$)** w okresie 1981-2010 wahała się od poniżej 20 dni w terenach nadmorskich do ok. 50 dni w obszarach podgórskich i we wschodniej części kraju. W partiach wysokogórskich Karpat i Sudetów średnia liczba dni mroźnych wzrasta dwukrotnie.

Tabela 2.16. Średnia roczna liczba dni mroźnych ($t_{max} < 0$) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Liczba dni
Dolnośląskie	Legnica	24
	Wrocław	24
	Jelenia Góra	28
	Kłodzko	37
Kujawsko-pomorskie	Toruń	30
Lubelskie	Terespol	42
	Lublin Radawiec	46
	Włodawa	45
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	27
	Ślubice	21
	Zielona Góra	31
Łódzkie	Wieluń	33
	Łódź-Lublinek	36
	Sulejów	36
Małopolskie	Kraków-Balice	34
	Tarnów	31
	Zakopane	50
	Nowy Sącz	29
Mazowieckie	Mława	42
	Płock-Trzepowo	35
	Warszawa-Okęcie	36
	Kozienice	36
	Siedlce	42

Tabela 2.16. cd. Średnia roczna liczba dni mroźnych ($t_{max}<0$) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Liczba dni
Opolskie	Opole	27
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	37
	Lesko	44
	Suwałki	53
	Białystok	47
Pomorskie	Łeba	22
	Ustka	20
	Hel	23
	Chojnice	38
Śląskie	Racibórz Studzienna	30
	Katowice	33
	Bielsko Biała	36
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	40
	Sandomierz	41
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	32
	Mikołajki	42
	Kętrzyn	42
	Olsztyn	41
Wielkopolskie	Piła	28
	Poznań	28
	Koło	33
	Leszno-Strzyżewice	26
	Kalisz	31
Zachodniopomorskie	Koszalin	23
	Świnoujście	20
	Szczecin Dąbie	22
	Kołobrzeg	19
	Resko	24

Suma liczby **dni silnie mroźnych (-25°C<tmin<-20°C)** w okresie trzydziestoletnim (1981-2010) kształtowała się od jednego dnia na wybrzeżu do ponad 100 dni w północno-wschodniej Polsce. Na Helu dni silnie mroźne w tym okresie w ogóle nie wystąpiły. W partiach szczytowych Karpat liczba dni z silnym mrozem zanotowanych w ostatnim trzydziestoleciu przekroczyła 110. Najwięcej dni z silnym mrozem przypada na styczeń.

Tabela 2.17. Liczba dni silnie mroźnych (-25°C<tmin<-20°C) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc						Suma
		I	II	III	X	XI	XII	
Dolnośląskie	Legnica	11	10	0	0	0	3	24
	Wrocław	12	9	0	0	0	4	25
	Jelenia Góra	26	22	2	0	1	21	72
	Kłodzko	22	15	1	0	0	9	47
Kujawsko-pomorskie	Toruń	22	11	2	0	1	6	42
Lubelskie	Terespol	31	17	2	0	0	21	71
	Lublin-Radawiec	24	14	2	0	0	9	49
	Włodawa	31	17	2	0	0	18	68
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	10	2	0	0	0	0	12
	Stubice	12	10	2	0	0	0	24
	Zielona Góra	11	2	0	0	0	0	13
Łódzkie	Wieluń	18	4	0	0	0	2	24
	Łódź-Lublinek	24	6	0	0	0	2	32
	Sulejów	28	13	1	0	0	10	52
Małopolskie	Kraków-Balice	19	9	0	0	0	9	37
	Tarnów	23	13	1	0	0	5	42
	Zakopane	24	9	2	0	0	12	47
	Nowy Sącz	29	19	2	0	0	10	60
Mazowieckie	Siedlce	33	14	2	0	0	14	63
	Kozienice	22	15	1	0	1	12	51
	Płock	16	12	3	0	0	3	34
	Warszawa-Okęcie	24	9	1	0	0	6	40
	Mława	22	10	4	0	0	4	40

Tabela 2.17. cd. Liczba dni silnie mroźnych ($-25^{\circ}\text{C} < t_{\text{min}} < -20^{\circ}\text{C}$) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc						Suma
		I	II	III	X	XI	XII	
Opolskie	Opole	20	7	0	0	0	3	30
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	27	11	2	0	0	8	48
	Lesko	15	6	1	0	0	4	26
Podlaskie	Suwałki	40	28	9	0	0	25	102
	Białystok	39	22	8	0	0	22	91
Pomorskie	Łeba	5	2	0	0	0	0	7
	Ustka	1	0	0	0	0	0	1
	Hel	0	0	0	0	0	0	0
	Chojnice	19	5	0	0	0	2	26
Śląskie	Racibórz-Studzienka	16	11	1	0	0	8	36
	Katowice	14	7	0	0	0	6	27
	Bielsko Biąta	13	6	0	0	0	4	23
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	28	15	4	0	0	8	55
	Sandomierz	18	9	0	0	0	6	33
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	17	5	2	0	0	3	27
	Mikołajki	40	14	3	0	0	6	63
	Kętrzyn	32	15	2	0	1	12	62
	Olsztyn	29	14	3	0	1	7	54
Wielkopolskie	Piła	20	10	2	0	0	2	34
	Poznań	15	7	0	0	0	0	22
	Koło	13	4	1	0	0	0	18
	Kalisz	15	5	0	0	0	0	20
	Leszno-Strzyżewice	13	10	2	0	0	3	28
Zachodnio-pomorskie	Kołobrzeg	1	0	0	0	0	0	1
	Koszalin	7	2	0	0	0	0	9
	Świnoujście	1	0	0	0	0	0	1
	Szczecin Dąbie	14	3	1	0	0	0	18
	Resko	19	4	1	0	0	1	25

Temperatura minimalna w przedziale od -30°C do -25°C jest podstawą do wydawania drugiego stopnia ostrzeżenia przez służbę prognoz meteorologicznych IMGW-PIB. Liczba dni spełniających te kryteria jest niewielka. Na przestrzeni trzydziestoletniego okresu (1981-2010) najczęściej ponad 25 takich dni, zanotowano w północno-wschodniej części Polski. W obszarach nadmorskich i w zachodniej części kraju nie wystąpiły w ogóle, albo pojawiły się sporadycznie.

Tabela 2.18. Liczba dni silnie mroźnych ($-30^{\circ}\text{C} < t_{\text{min}} < -25^{\circ}\text{C}$) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc						Suma
		I	II	III	X	XI	XII	
Dolnośląskie	Legnica	4	1	0	0	0	0	5
	Wrocław	4	2	0	0	0	0	6
	Jelenia Góra	9	3	0	0	0	7	19
	Kłodzko	7	2	0	0	0	3	12
Kujawsko-pomorskie	Toruń	7	2	0	0	0	0	9
Lubelskie	Terespol	14	3	0	0	0	1	18
	Lublin-Radawiec	9	1	0	0	0	0	10
	Włodawa	18	2	0	0	0	2	22
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	0	0	0	0	0	0	0
	Stubice	1	0	0	0	0	0	1
	Zielona Góra	0	0	0	0	0	0	0
Łódzkie	Wieluń	4	1	0	0	0	0	5
	Łódź-Lublinek	2	1	0	0	0	0	3
	Sulejów	5	4	0	0	0	0	9
Małopolskie	Kraków-Balice	7	2	0	0	0	1	10
	Tarnów	4	2	0	0	0	0	6
	Zakopane	2	1	0	0	0	0	3
	Nowy Sącz	8	3	0	0	0	2	13
Mazowieckie	Siedlce	10	3	0	0	0	0	13
	Kozienice	14	3	0	0	0	0	17
	Płock	9	2	0	0	0	0	11
	Warszawa-Okęcie	7	0	0	0	0	0	7
	Mława	5	1	0	0	0	0	6

Tabela 2.18. cd. Liczba dni silnie mroźnych ($-30^{\circ}\text{C} < t_{\text{min}} < -25^{\circ}\text{C}$) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc						Suma
		I	II	III	X	XI	XII	
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	9	6	0	0	0	1	16
	Lesko	4	3	0	0	0	0	7
Podlaskie	Suwałki	17	7	0	0	0	2	26
	Białystok	20	2	0	0	0	3	25
Pomorskie	Łeba	0	0	0	0	0	0	0
	Ustka	0	0	0	0	0	0	0
	Hel	0	0	0	0	0	0	0
	Chojnice	2	0	0	0	0	0	2
Śląskie	Racibórz Studzienna	9	3	0	0	0	2	14
	Katowice	7	1	0	0	0	0	8
	Bielsko-Biała	6	1	0	0	0	2	9
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	6	5	0	0	0	1	12
	Sandomierz	7	1	0	0	0	0	8
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	9	1	0	0	0	0	10
	Mikołajki	6	2	0	0	0	0	8
	Kętrzyn	10	3	0	0	0	0	13
	Olsztyn	9	2	0	0	0	1	12
Wielkopolskie	Piła	5	0	0	0	0	0	5
	Poznań	4	0	0	0	0	0	4
	Koło	6	1	0	0	0	0	7
	Kalisz	4	0	0	0	0	0	4
	Leszno-Strzyżewice	4	1	0	0	0	0	5
Zachodniopomorskie	Kołobrzeg	0	0	0	0	0	0	0
	Koszalin	1	0	0	0	0	0	1
	Świnoujście	0	0	0	0	0	0	0
	Szczecin Dąbie	0	0	0	0	0	0	0
	Resko	1	0	0	0	0	0	1

Dni ze szczególnie niskimi temperaturami ($t_{\min} < -30^{\circ}\text{C}$) notowane są rzadko. W ciągu trzydziestoletniego okresu obserwacji (1980-2010) było ich zaledwie kilka. Pojawily się one w styczniu 1985, 1987, 2003 i 2006 roku.

Tabela 2.19. Liczba dni silnie mroźnych ($t_{\min} < -30^{\circ}\text{C}$) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc						Suma
		I	II	III	X	XI	XII	
Dolnośląskie	Legnica	0	0	0	0	0	0	0
	Wrocław	1	0	0	0	0	0	1
	Jelenia Góra	4	0	0	0	0	0	4
	Kłodzko	0	0	0	0	0	0	0
Kujawsko-pomorskie	Toruń	3	0	0	0	0	0	3
Lubelskie	Terespol	3	0	0	0	0	0	3
	Lublin-Radawiec	1	0	0	0	0	0	1
	Włodawa	2	0	0	0	0	0	2
Lubuskie	Gorzów Wlkp.	0	0	0	0	0	0	0
	Ślubice	0	0	0	0	0	0	0
	Zielona Góra	0	0	0	0	0	0	0
Łódzkie	Wieluń	0	0	0	0	0	0	0
	Łódź-Lublinek	2	0	0	0	0	0	2
	Sulejów	4	0	0	0	0	0	4
Małopolskie	Kraków-Balice	0	0	0	0	0	0	0
	Tarnów	0	0	0	0	0	0	0
	Zakopane	0	0	0	0	0	0	0
	Nowy Sącz	0	0	0	0	0	0	0
Mazowieckie	Siedlce	3	0	0	0	0	0	3
	Kozienice	4	0	0	0	0	0	4
	Płock	2	0	0	0	0	0	2
	Warszawa-Okęcie	1	0	0	0	0	0	1
	Mława	2	0	0	0	0	0	2
Opolskie	Opole	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 2.19. cd. Liczba dni silnie mroźnych ($t_{min} < -30^{\circ}\text{C}$) w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Miesiąc						Suma
		I	II	III	X	XI	XII	
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	2	1	0	0	0	0	3
	Lesko	0	0	0	0	0	0	0
Podlaskie	Suwałki	2	0	0	0	0	0	2
	Białystok	2	0	0	0	0	0	2
Pomorskie	Łeba	0	0	0	0	0	0	0
	Ustka	0	0	0	0	0	0	0
	Hel	0	0	0	0	0	0	0
	Chojnice	0	0	0	0	0	0	0
Śląskie	Racibórz-Studzienna	0	0	0	0	0	0	0
	Katowice	0	0	0	0	0	0	0
	Bielsko -Biała	0	0	0	0	0	0	0
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	5	0	0	0	0	0	5
	Sandomierz	0	0	0	0	0	0	0
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	0	0	0	0	0	0	0
	Mikołajki	1	0	0	0	0	0	1
	Kętrzyn	2	0	0	0	0	0	2
	Olsztyn	1	0	0	0	0	0	1
Wielkopolskie	Piła	1	0	0	0	0	0	1
	Poznań	0	0	0	0	0	0	0
	Koło	0	0	0	0	0	0	0
	Kalisz	0	0	0	0	0	0	0
	Leszno-Strzyżewice	0	0	0	0	0	0	0
Zachodniopomorskie	Kołobrzeg	0	0	0	0	0	0	0
	Koszalin	0	0	0	0	0	0	0
	Świnoujście	0	0	0	0	0	0	0
	Szczecin-Dąbie	1	0	0	0	0	0	1
	Resko	0	0	0	0	0	0	0

2.7. Silna mgła

CHARAKTERYSTYKA MGŁY

Mgła – zjawisko meteorologiczne zaliczane do grupy hydrometeorów. Jest to zawiesina bardzo drobnych kropeł wody lub kryształków lodu w przyziemnej warstwie powietrza, powodująca poziome zmniejszenie widzialności poniżej 1 km. Zjawisko polegające na poziomym zmniejszeniu widzialności od 1 km do 10 km nazywamy zamgleniem.

Tabela 2.20. Kryteria wydawania ostrzeżeń przed silną mgłą stosowane w służbie meteorologicznej IMGW-PIB

Stopień zagrożenia			Kryteria
1	2	3	
X			mgła na przeważającym* obszarze ograniczająca widzialność od 50 do 200 m utrzymująca się powyżej 8 godzin
	X		mgła na przeważającym* obszarze ograniczająca widzialność poniżej 50 m utrzymująca się powyżej 8 godzin
		X	nie stosuje się

* więcej niż 50% obszaru, dla którego przewiduje się wystąpienie zjawiska

WARUNKI POWSTAWANIA MGŁY W POLSCE

Mgła powstaje w wyniku kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu. Warunkiem rozpoczęcia procesu jest obniżenie się temperatury powietrza do temperatury punktu rosy, osiągnięcie stanu nasycenia parą wodną oraz obecność w powietrzu jąder kondensacji. Temperaturę, w której rozpoczyna się proces skraplania pary wodnej nazywamy temperaturą punktu rosy. Przechodzenie pary wodnej w krople wody nazywamy kondensacją pary wodnej.



Mgła, fot. Wiesława Cielątkowska

Mgła powstaje zarówno na skutek warunków meteorologicznych wywołanych sytuacją baryczną, jak i na skutek warunków lokalnych, zwłaszcza związanych z ukształtowaniem terenu.

W zależności od mechanizmu powodującego spadek temperatury powietrza różniamy mgły: **z ochłodzenia, z wyparowania i mieszaną.**

MGŁA Z OCHŁODZENIA

Przyczyną powstania mgły z ochłodzenia jest obniżenie się temperatury przy powierzchniowej warstwy powietrza poniżej temperatury punktu rosy. Powietrze może ochłodzić się w wyniku:

- ▷ wypromieniowania - mgła radiacyjna
- ▷ napływu ciepłego powietrza nad chłodne podłoże - mgła adwekcyjna
- ▷ wyparowania - mgła frontowa, „dymienie morza”
- ▷ wznoszenia się po zboczach gór - mgła orograficzna.

Mgła radiacyjna. Do czynników sprzyjających powstawaniu mgły radiacyjnej zaliczamy: wilgotne powietrze, bezchmurne niebo, słaby wiatr.

W wyniku wypromieniowania energii cieplnej w pierwszej kolejności wychładza się powierzchnia gruntu, a potem przylegające do niej warstwy atmosfery. Równocześnie ze spadkiem temperatury wzrasta wilgotność względna. Słaby wiatr uniemożliwia mieszanie się przylegających do siebie warstw powietrza. Na skutek tego powstaje przyziemna inwersja temperatury (temperatura powietrza wraz z wysokością wzrasta zamiast maleć). Ze wzrostem wilgotności rozpoczyna się proces kondensacji pary wodnej.

Mgła radiacyjna występuje nad lądem. Najczęściej tworzy się w nocy jesienią i wczesną wiosną, nasila nad ranem i stopniowo zanika w ciągu dnia. Jesienią i w zimie w sprzyjających warunkach może utrzymywać się przez kilka dób. W okresie letnim występuje rzadziej i jest krótkotrwała.

Mgła radiacyjna nie tworzy się nad morzem. Ze względu na dużą pojemność cieplną wód, nad powierzchnią wody nie dochodzi do znacznego wychłodzenia, prowadzącego w efekcie do powstania mgły. Może ona utworzyć się w strefie przybrzeżnej i stamtąd zostać wyniesiona nad wodę, na odległość maksymalnie 6 km. Po wschodzie słońca w strefie przybrzeżnej mgła radiacyjna szybko zanika, latem w ciągu godziny, zimą do trzech godzin. Występowanie wiatru o sile powyżej 2 stopni w skali Beauforta eliminuje utrzymanie się mgły radiacyjnej.

Mgła adwekcyjna. Powstaje w wyniku ochładzania się ciepłego i wilgotnego powietrza poziomo przemieszczającego się nad chłodniejszym podłożem. Proces ochładzania powietrza prowadzi do kondensacji pary wodnej i utworzenia mgły, gdy temperatura powierzchni łądu lub wody jest niższa od temperatury punktu rosy napływającej nad nią masy powietrza. W masie tej musi znajdować się wystarczająca ilość jąder kondensacji.

Mgła adwekcyjna występuje nad łądem i morzami. Czas jej zalegania zależy od szybkości przemieszczania się frontów atmosferycznych i trwa od kilku godzin do kilku dób.

Blisko 80% mgieł powstających nad morzem to mgły adwekcyjne. Nad Bałtykiem występują najczęściej

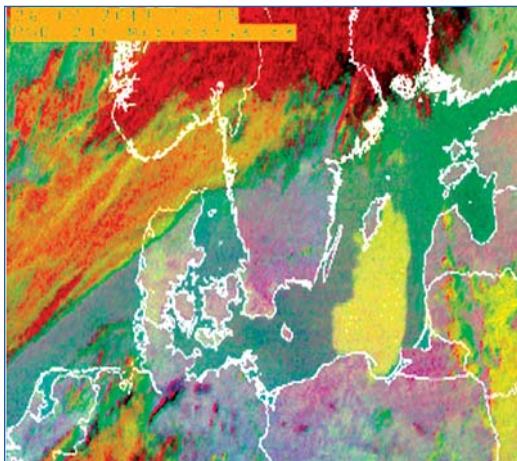
w okresie wiosny i na początku lata. W tym czasie woda w morzu nie zdążyła się jeszcze nagrzać po okresie chłodnej pory roku, a powietrze napływające z nagranych już łądów jest wyraźnie cieplejsze i stopniowo ochładza się przemieszczając nad zimnymi wodami.

Mgła orograficzna. Wznoszące się po zboczu ciepłe i wilgotne powietrze rozpręża się i ochładza. W momencie osiągnięcia stanu nasycenia para wodna zawarta w powietrzu kondensuje się, tworząc mgłę (zachowany kontakt z podłożem) lub chmurę (unosi się nad powierzchnią gruntu). Mgły orograficzne stosunkowo szybko zanikają.

MGŁA Z WYPAROWANIA

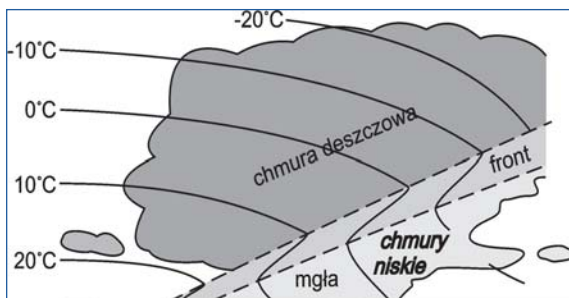
Powstaje w wyniku parowania ciepłej wody w chłodnym powietrzu. Rozróżniamy dwa rodzaje mgieł z wyparowania: frontowa i „dymienie morza”.

Mgła frontowa. Najczęściej powstaje przed frontem ciepłym, któremu towarzyszy inwersja temperatury. Opady deszczu powstające w chmurach w ciepłym powie-



Zdjęcie satelitarne obrazujące mgłę (kolor żółty) nad Bałtykiem, 28.04.2013

trzu napływającym górną dostają się w warstwę chłodniejszego powietrza przy powierzchni ziemi. Następuje parowanie ciepłych kropelek, atmosfera osiąga stan nasycenia, dochodzi do powstania mgły. Często również przy przechodzeniu



Uproszczony schemat frontu ciepłego, mgła frontowa, źródło: Petersen, 1964

frontu ciepłego nad obszarami wyżej położonymi (wzniesieniami, górami) chmury obniżają się do powierzchni ziemi tworząc mgłę.

Dymienie morza – mgła, która powstaje, gdy nad morzem zalega powietrze o temperaturze znacznie niższej niż temperatura wody. Dolna warstwa powietrza ogrzewa się od cieplejszej powierzchni morza. Powstaje niedosyt wilgotności i rozpoczyna się proces parowania wody. Ogrzane powietrze unosi się znad powierzchni wody i miesza z chłodniejszym zalegającym powyżej. Gdy temperatura wymieszanego powietrza obniży się do wartości temperatury punktu rosy, następuje proces kondensacji pary wodnej. Dymienie morza jest typowym zjawiskiem w okresie zimowym.

Mgła z wyparowania może również tworzyć się nad jeziorami, rzekami i bagnami. Proces powstawania jest analogiczny, jak w przypadku akwenu morskiego.

MGŁA MIESZANA

Znaczna ilość mgieł lądowych ma charakter mieszany. Powstają na skutek różnych procesów zachodzących jednocześnie: adwekcji, wypromieniowania, unoszenia powietrza lub parowania. Przykładem jest sytuacja, w której nad obszar pokryty pokrywą śnieżną napływa cieplejsze powietrze, powodując parowanie (sublimację) śniegu.

MGŁA OSADZAJĄCA SZADŹ

Szadź – osad lodu powstający wskutek zamarzania małych, przeschłodzonych kropelek wody (mgły lub chmury) w momencie zetknięcia z powierzchnią

przedmiotu. Składa się ze zlepionych kryształków lodu. Powstawaniu szadzi sprzyja umiarkowany lub silny wiatr. Używa się również terminu sadź.

Warunki sprzyjające powstawaniu szadzi to występowanie mgły przy ujemnej temperaturze powietrza. Osadza się po stronie dowietrznej obiektów.

Tabela 2.21. Kryteria wydawania ostrzeżeń przed silną mgłą i silną mgłą intensywnie osadzającą szadź stosowane w służbie meteorologicznej IMGW-PIB

Stopień zagrożenia			Kryteria
1	2	3	
X			mgła osadzająca szadź na przeważającym* obszarze, ograniczająca widzialność od 50 do 200 m utrzymująca się powyżej 8 godzin
	X		mgła osadzająca szadź na przeważającym* obszarze, ograniczająca widzialność poniżej 50 m utrzymująca się powyżej 8 godzin
		X	nie stosuje się

* więcej niż 50% obszaru, dla którego przewiduje się wystąpienie zjawiska

Ze względu na rodzaj osadzającego się lodu szadź dzieli się na kryształiczną i ziarnistą.

Szadź kryształiczna – mniej groźna, tworzy się przy słabo-gradientowych polach barycznych (bardzo mała różnica ciśnienia nad danym obszarem), w centrach wyżów, w wypełniających się, rozległych nizinach. Występuje przy małym zachmurzeniu, słabym wietrze i temperaturze od -5°C do -10°C . Jest nietrwała, opada pod wpływem ruchu.

Szadź ziarnista – bardzo groźna, tworzy się w mgłach adwekcyjnych lub radiacyjno-adwekcyjnych. Wy-



Szadź, fot. Zbigniew Chlebicki

stępuje przy mglistej, wietrznej pogodzie, temperaturze powietrza od 0°C do -10°C lub niższej. Jest bardzo trwała i dość szybko narasta, w zależności od czasu trwania mgły i prędkości wiatru.

CECHY CHARAKTERYSTYCZNE WYSTĘPOWANIA MGŁY W POLSCE

Przebieg roczny występowania mgły w Polsce jest bardzo zróżnicowany. Najczęściej występują w okresie jesiennym, od października do grudnia. Najrzadziej występują w czerwcu i w lipcu. W pasie wybrzeża Bałtyku, gdzie ich występowanie związane jest głównie z kontrastem termicznym na styku ląd – morze, maksimum występowania przypada na maj i kwiecień.

Jesienią i zimą tworzeniu mgły sprzyjają rozległe wyże z centrum nad środkową Europą. Korzystny jest również napływ cieplejszych mas powietrza z południa lub zachodu kontynentu. W tym okresie tworzy się zarówno mgła radiacyjna jak i adwekcyjna.



Mgła (kolor żółty) nad przeważającą częścią Polski, 16.11.2012

Latem przeważa mgła radiacyjna. Najczęściej powstaje przy napływie mas powietrza z zachodu, gdy nad Polską zalega wyż z bardzo słabym gradientem ciśnienia lub wypełniany się niż ze słabo wyrażonymi frontami atmosferycznymi. W tym okresie mgła radiacyjna tworzą się w nocy i najczęściej zanika krótko po wschodzie Słońca.

W ciągu całego roku może tworzyć się mgła adwekcyjna. Najczęściej jednak występuje jesienią i wczesną wiosną. Związana jest przeważnie z napływem ciepłych mas powietrza z południa i z południowego zachodu. Na wybrzeżu Bałtyku pojawieniu się mgły sprzyja napływ powietrza z północnego wschodu

podczas pogody wyżowej. Ta cyrkulacja ułatwia przemieszczanie się mgły znad Bałtyku na ląd.

SKUTKI WYSTĘPOWANIA MGŁY W POLSCE

Mgła powoduje znaczne utrudnienia komunikacyjne w ruchu lądowym, morskim i lotniczym. Najbardziej dotkliwe straty i utrudnienia związane są z zamkniętymi czasowo lotniskami. Mgła utrzymująca się nad danym obszarem przez kilkadziesiąt godzin często prowadzi do paraliżu komunikacyjnego lotniska. Także w ruchu drogowym z powodu mgły wzrasta liczba wypadków, często dochodzi na drogach do karamboli.

Mgła osadzająca szadź na antenach czy liniach napowietrznych może powodować poważne problemy i zakłócenia w pracy tych urządzeń. Pod ciężarem intensywnie osadzającej się szadzi gałęzie łamią się i zrywają linie napowietrzne.



Mgła, fot. Jacek Krassowski

CHARAKTERYSTYKA KLIMATOLOGICZNA MGŁY

Tabela 2.22. Średnia roczna liczba dni z mgłą w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Liczba dni
Dolnośląskie	Legnica	26
	Wrocław	35
	Jelenia Góra	35
	Kłodzko	33
Kujawsko-pomorskie	Toruń	32
Lubelskie	Terespól	26
	Lublin Radawiec	43
	Włodawa	31
	Gorzów Wlkp.	48
Lubuskie	Ślubice	21
	Zielona Góra	59
Łódzkie	Wieluń	29
	Łódź-Lublinek	38
	Sulejów	33
Małopolskie	Kraków-Balice	44
	Tarnów	12
	Zakopane	25
	Nowy Sącz	32
Mazowieckie	Mława	49
	Płock-Trzepowo	35
	Warszawa-Okęcie	24
	Siedlce	36
Opolskie	Opole	31
Podkarpackie	Rzeszów-Jasionka	31
	Lesko	34

Tabela 2.22. cd. Średnia roczna liczba dni z mgłą w okresie 1981-2010 na wybranych stacjach I i II rzędu

Województwo	Stacja	Liczba dni
Podlaskie	Suwałki	44
	Białystok	33
Pomorskie	Łeba	23
	Hel	18
	Chojnice	61
Śląskie	Racibórz Studzienna	47
	Katowice	38
	Bielsko Biąta	37
Świętokrzyskie	Kielce-Suków	51
	Sandomierz	38
Warmińsko-mazurskie	Elbląg	32
	Kętrzyn	25
	Olsztyn	33
Wielkopolskie	Piła	43
	Poznań	39
	Koło	28
	Leszno-Strzyżewice	38
	Kalisz	34
Zachodniopomorskie	Koszalin	32
	Świnoujście	20
	Szczecin Dąbie	28

2.8. Literatura

- Bac S., Rojek M., 1981, Meteorologia i klimatologia, PWN Warszawa
- Byczkowski A., 1996, Hydrologia Tom II, SGGW, Warszawa
- Chromow S. P., 1977, Meteorologia i klimatologia, PWN Warszawa
- Haber F., 2004, Vademecum żeglarza i sternika jachtowego, wyd. Wilga, Warszawa
- Hamblyn R., 2010, Wielka księga chmur, wyd. RM, Warszawa
- Kaczorowska Z., 1985, Pogoda i klimat, PWN, Warszawa
- Lorenc H. (red.), 2005, Atlas klimatu Polski, IMGW, Warszawa
- Międzynarodowy atlas chmur, 1987, Wyd. Geologiczne, Warszawa
- Niedźwiedź T. (red.), 2003, Słownik meteorologiczny, PTG, Warszawa
- Orlicz M., 1962, Klimat Tatr. Tatrzański Park Narodowy (pod red. W. Szafera), Zakład Ochrony Przyrody PAN, Kraków: 15-70
- Ostrowski M., 2004, Meteorologia dla lotnictwa sportowego, Aeroklub Polski, Warszawa
- Retallack, B. J., 1991, Podstawy meteorologii, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa: IMGW
- Starkel L. (red.) 1991, Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze, PWN, Warszawa.
- Petterson S., 1964, Zarys meteorologii, PWN, Warszawa
- Szewczak P., 2007, Meteorologia dla pilota samolotowego, AVIVA-TEST, Poznań
- Trepińska J., 2002, Górskie klimaty, Kraków, IGiGP UJ, Kraków
- Ustrnul Z., Czekierda D., 2009, Atlas ekstremalnych zjawisk meteorologicznych oraz sytuacji synoptycznych w Polsce, IMGW, Warszawa
- Ustrnul Z., Czekierda D., 2000, Cyrkulacyjne uwarunkowania opadów w Polsce, Wiadomości IMGW, XXIII (2):2-22
- Woś A., 1995, ABC meteorologii, Wyd. Naukowe UAM, Poznań
- www.imgw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=106&Itemid=107,
www.imgw.pl/images/stories/wiedza/zjawiska/_wichura1997/friday_pl.pdf
- Zawiślak T. (red.), 2010, Słownik tematyczny terminów i zwrotów stosowanych w prognozach meteorologicznych, IMGW, Warszawa
- Zwieriew, A., 1965, Meteorologia synoptyczna, WKiŁ, Warszawa



Pokrywa śnieżna w górach, fot. Tomasz Nodzyński

